ENCYCLOPÉDIE PAR L'IMAGE

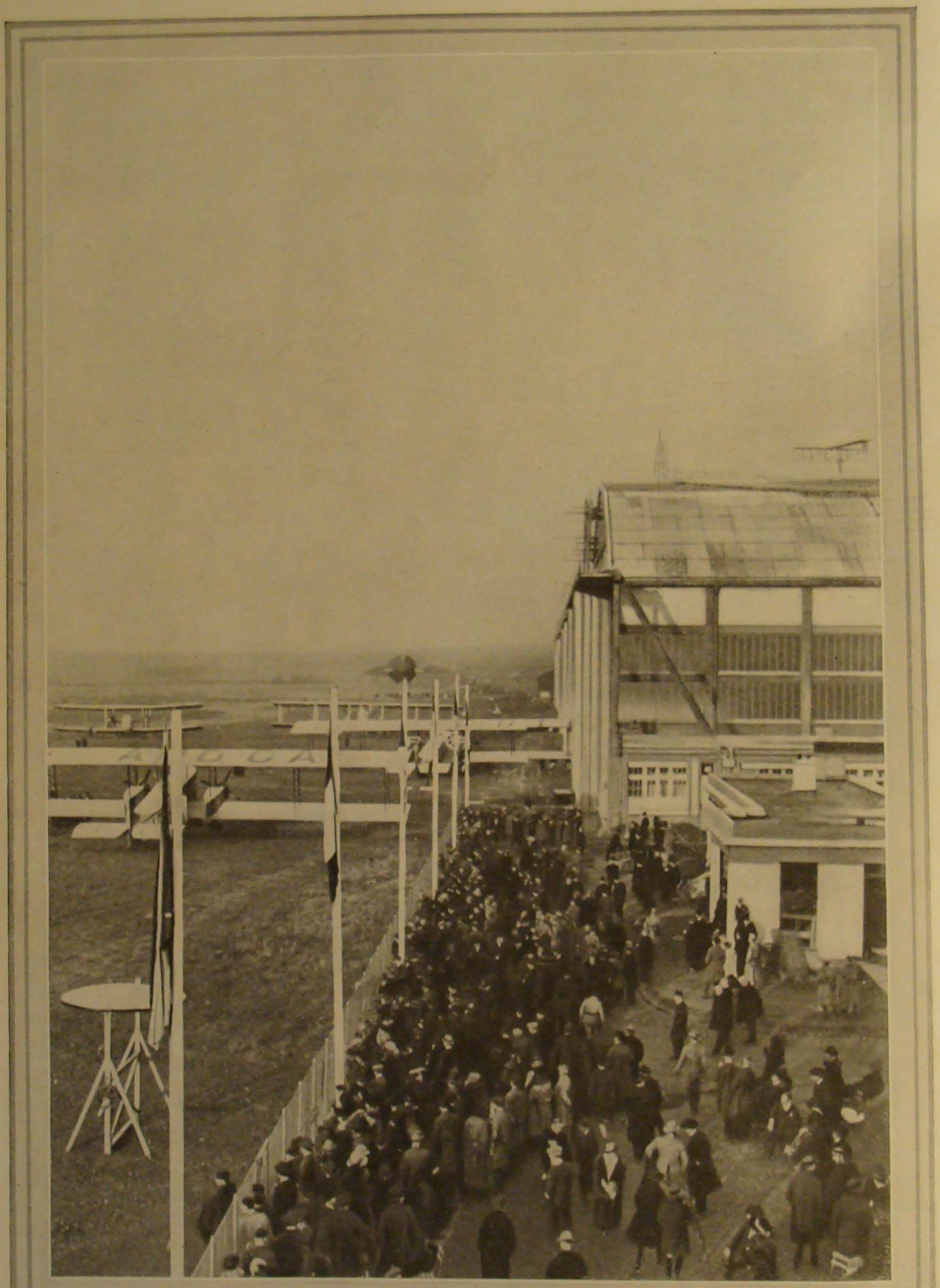
L'AVIATION

2fr 50 LIBRAIRIE HACHETTE 2fr 50

ENCYCLOPÉDIE PAR L'IMAGE

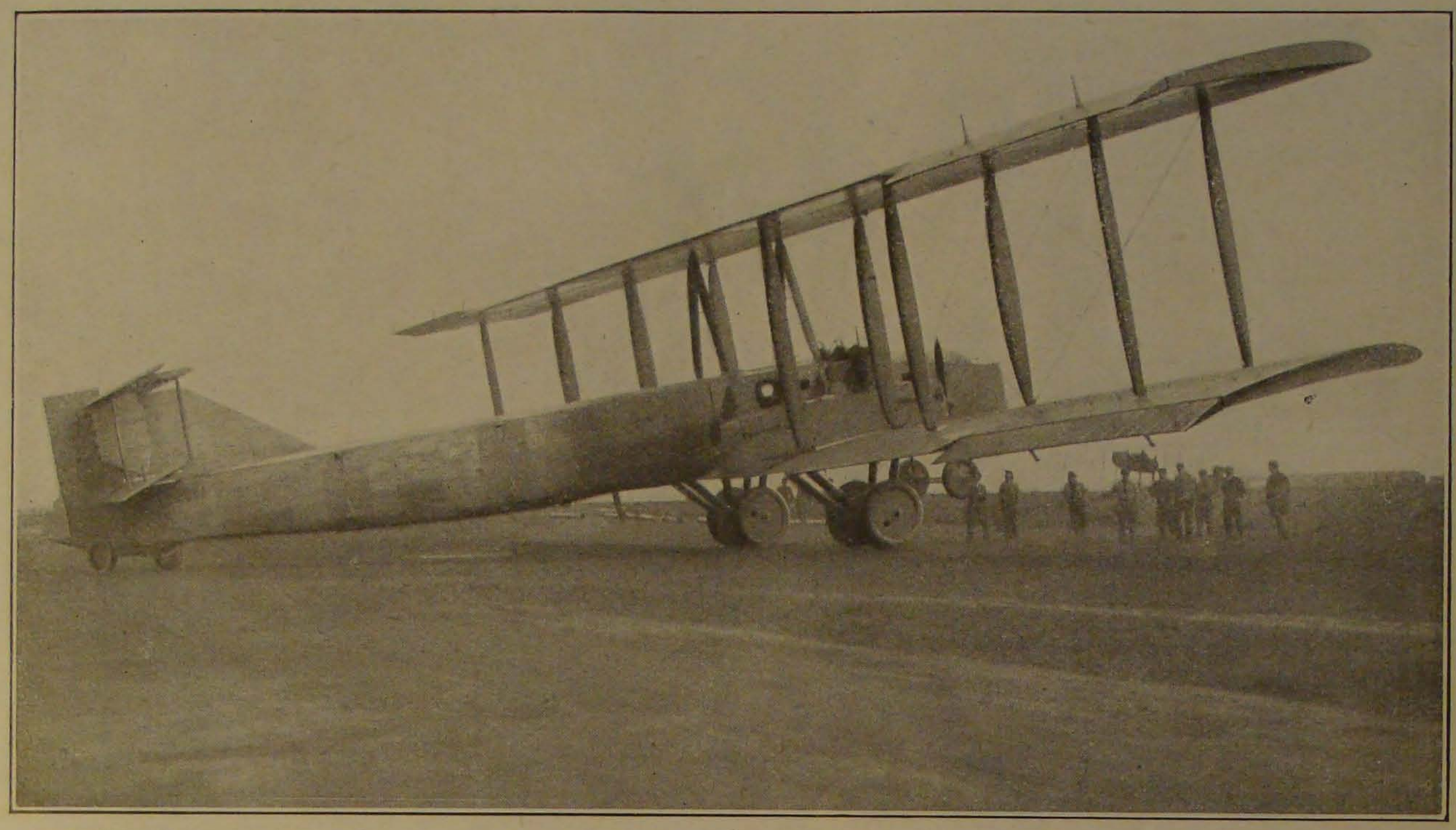
L'AVIATION

BALLONS · DIRIGEABLES · AVIONS



L'AÉRODROME DU BOURGET. ▱ *Cet aérodrome, le plus vaste du monde, est le port aérien de Paris. De là partent chaque jour les avions faisant les services Paris-Londres, Paris-Bruxelles, Paris-Varsovie par Prague.* (Cl. Rol.).

ENCYCLOPÉDIE PAR L'IMAGE



Avion Farman géant 4 moteurs (Cl. Marcel Chrétien.)

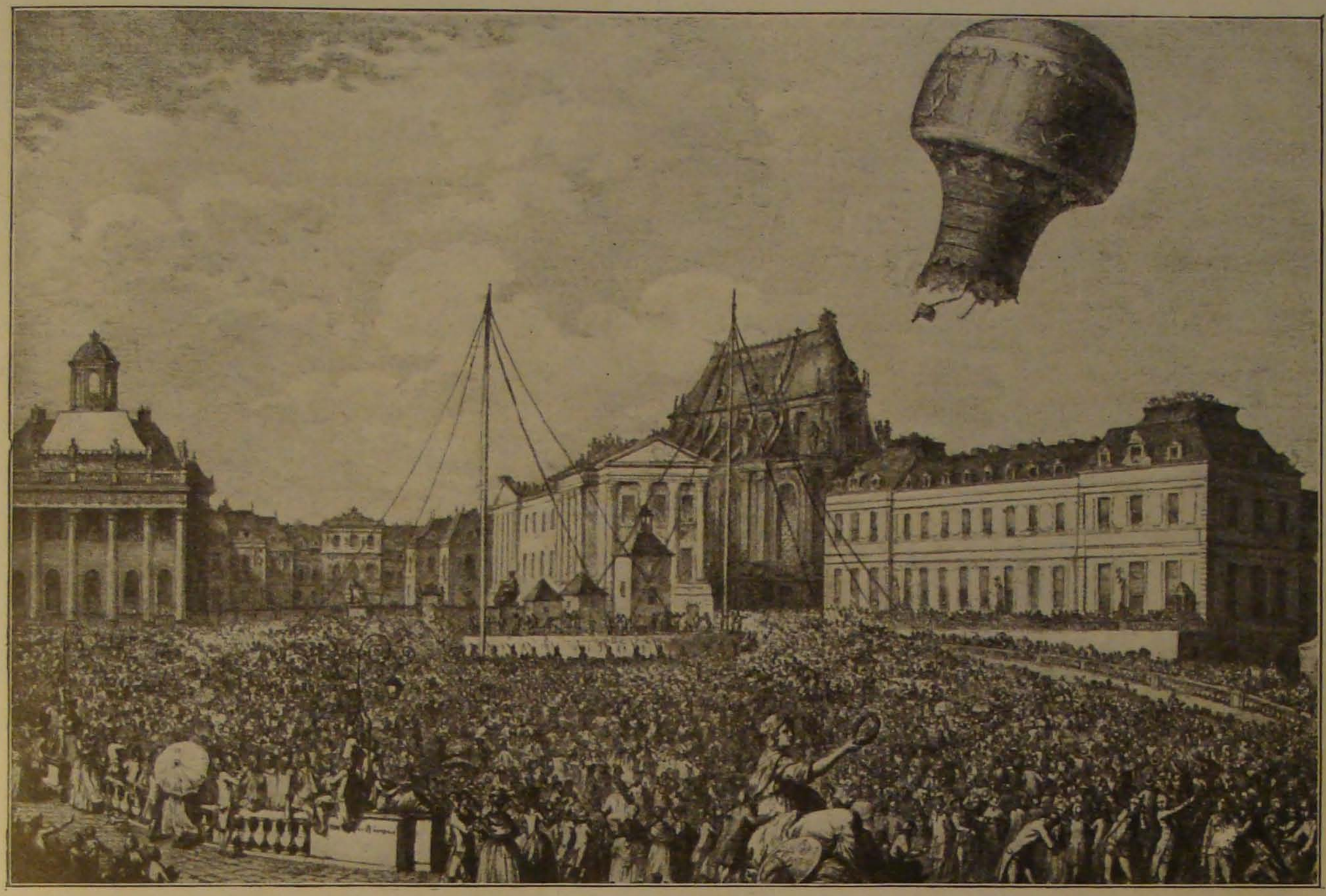
L'AVIATION

BALLONS · DIRIGEABLES · AVIONS

LIBRAIRIE HACHETTE

LE DÉPART D'UN RAID EN BALLON SPHÉRIQUE. *Aménagement de la nacelle avec sacs de lest, guide-rope, etc.* (Cl. Rol).

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by Librairie Hachette 1924.



L'EXPÉRIENCE HISTORIQUE DES FRÈRES MONTGOLFIER, LE 19 SEPTEMBRE 1783. ø *Un globe de toile gonflé d'air chaud s'enleva de la grande cour du château de Versailles, emmenant, dans un panier attaché au-dessous de lui, un poulet, un mouton et un canard, qui furent ainsi les premiers navigateurs de l'air.* (Bibl. nat., Estampes.)

L'AVIATION

BALLONS — DIRIGEABLES — AVIONS

CHAPITRE I

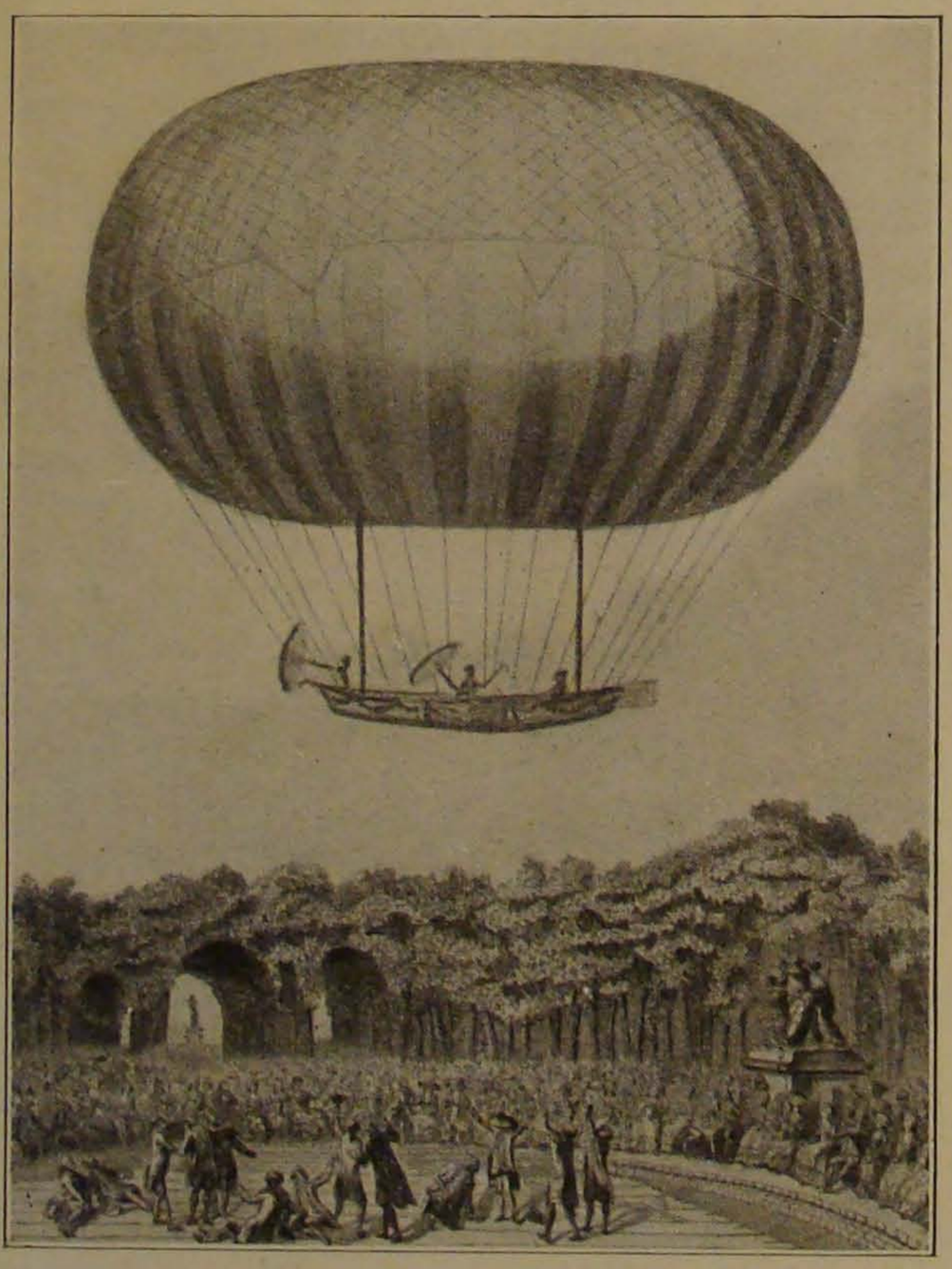
HISTORIQUE DES BALLONS

IMITER les oiseaux qui parcourent les airs, s'évader de la prison où la nature semblait l'avoir condamné à passer sa vie, est un rêve qui, de tout temps, a dû hanter le cerveau de l'homme. La légende mythologique nous montre déjà Icare cherchant à s'envoler et tombant victime de son audacieuse tentative. Mais, jusqu'aux temps modernes, Icare n'eut pas de successeurs, et il faut arriver à la fin du XVIII^e^ siècle pour voir des hommes s'élever réellement dans l'atmosphère.

Joseph et Étienne Montgolfier dirigeaient, à Annonay, une fabrique de papier. Versés dans les sciences dont l'étude les passionnait, ils avaient observé les nuages et cherché à pénétrer les causes de leur flottement dans l'air. Ils avaient d'abord fabriqué une sphère de papier remplie de vapeur d'eau, mais celle-ci se condensait et l'appareil retombait au sol. Ils pensèrent utiliser la légèreté de l'hydrogène que l'on venait de découvrir : enfermé dans une enveloppe légère, ce gaz devait se comporter dans l'air comme un bouchon dans l'eau et, par suite, devait s'élever. Mais toutes les enveloppes qu'ils fabriquèrent laissaient fuir le gaz.

C'est alors qu'ils pensèrent utiliser la légèreté spécifique de l'air chaud enfermé dans une sphère d'un faible poids. En novembre 1782, ils réussirent à enlever une sphère de papier de 60 pieds cubes (environ 2 mètres cubes), ouverte en bas, et sous l'orifice de laquelle ils brûlèrent de la paille : ils virent l'appareil s'élever au plafond de leur chambre : l'aéronautique était née.

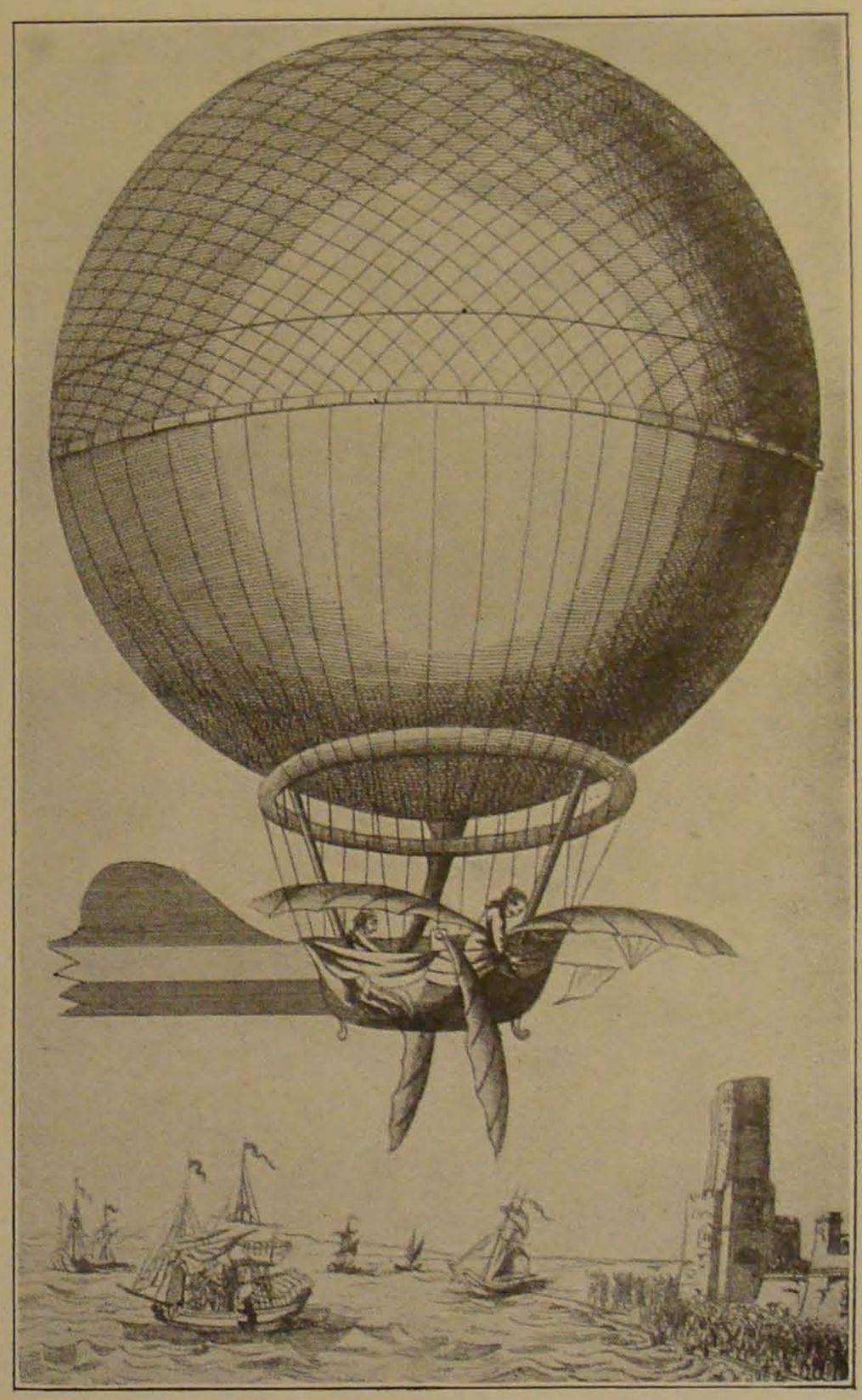
PREMIER VOYAGE AÉRIEN EN PRÉSENCE DU DAUPHIN. *Le 23 novembre 1783, Pilâtre de Rozier et le marquis d'Arlandes furent les premiers hommes qui s'élevèrent en l'air, dans une montgolfière, en partant du jardin de la Muette.*



EXPÉRIENCE AÉROSTATIQUE DE CHARLES ET ROBERT AUX TUILERIES. *Le 1er décembre 1783, le premier ballon gonflé à l'hydrogène s'éleva dans les airs et alla retomber à Nesles, à neuf lieues de Paris.* (Bibl. Nat. Estampes.)

Ils construisirent alors un globe de 12 mètres de diamètre, fait de papier et de toile d'emballage : à la partie inférieure ouverte, était un réchaud en fil de fer sur lequel on faisait brûler de la paille : l'appareil s'éleva dans l'air sur une place publique de la ville d'Annonay en présence des États généraux du Vivarais, le 4 juin 1783.

L'Académie des Sciences s'émut. Étienne Montgolfier fut mandé à Paris pour répéter



TRAVERSÉE DE LA MANCHE PAR BLANCHARD ET JEFFRIES. *Partis de Douvres à une heure de l'après-midi le 7 janvier 1785, Blanchard et l'Anglais Jeffries étaient à trois heures au-dessus de Calais.*

son expérience. Mais la foule était impatiente : on ouvrit une souscription ; les frères Robert, constructeurs d'instruments, furent chargés de construire un « globe », tandis que le physicien Charles était chargé de réaliser l'ascension. On réussit à gonfler à l'hydrogène un globe de soie de 40 mètres cubes qui s'éleva du Champ de Mars, le 27 août 1783.

Pendant ce temps, Montgolfier, arrivé à Paris, s'était mis à l'œuvre ; une « Mont-

golfière » s'éleva de la cour du château de Versailles, enlevant dans une cage d'osier un mouton, un coq et un canard qui furent ainsi les premiers navigateurs de l'air et redescendirent sains et saufs.

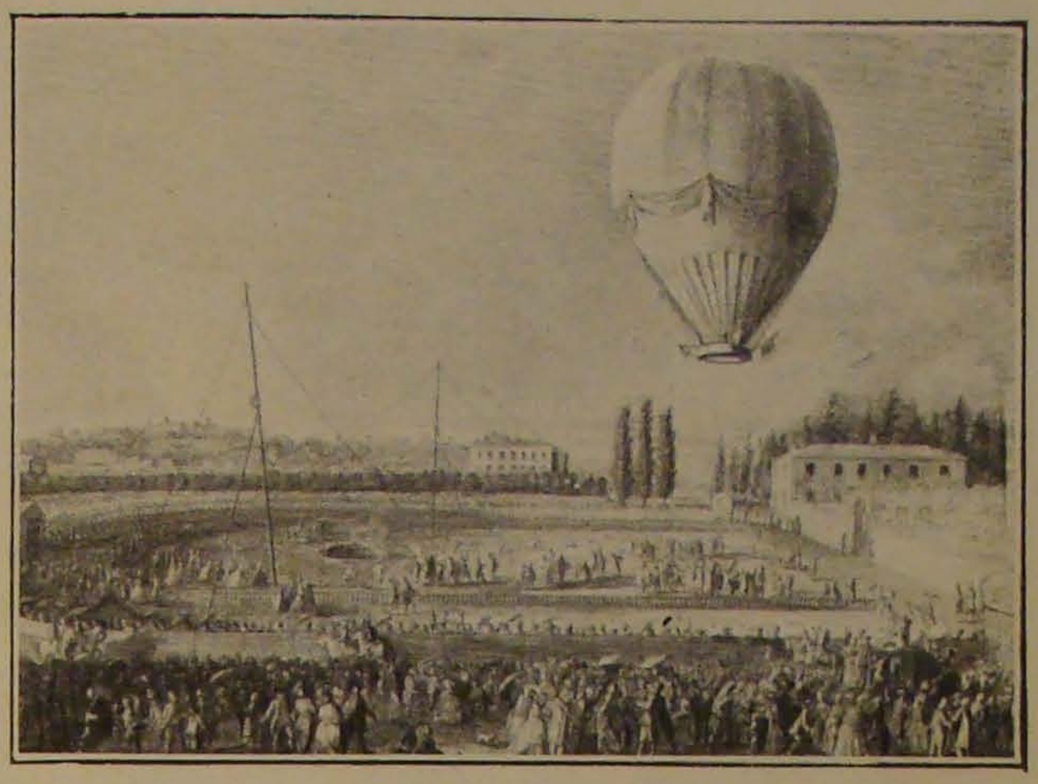
La réussite de l'expérience avait échauffé les esprits. Un audacieux gentilhomme voulut être le premier à s'élancer dans les airs : c'était Pilâtre de Rozier ; surmontant toutes les difficultés, même l'opposition du roi Louis XVI, il s'éleva le 23 novembre 1783, en compagnie du marquis d'Arlandes, du jardin de la Muette, en présence du dauphin et de la cour. La montgolfière survola Paris aux acclamations de

La bataille de Fleurus (Messidor an II). ⌀ *Pour la première fois, un ballon captif, renfermant des observateurs, servit aux besoins de la guerre.* (Musée de l'Armée.)

sa population tout entière et alla déposer ses voyageurs, sains et saufs, à la Butte aux Cailles. La conquête de l'air par l'homme était un fait accompli.

Le physicien Charles, piqué d'émulation, construisit alors le premier ballon gonflé à l'hydrogène. Il imagina du premier coup tous les organes indispensables de l'aérostat : l'enveloppe, le filet, la nacelle, la soupape. Le ballon « prit l'air » le 1er décembre 1783. Charles et Robert étaient dans la nacelle et furent acclamés par 300 000 spectateurs. L'aérostat alla tomber à Nesles.

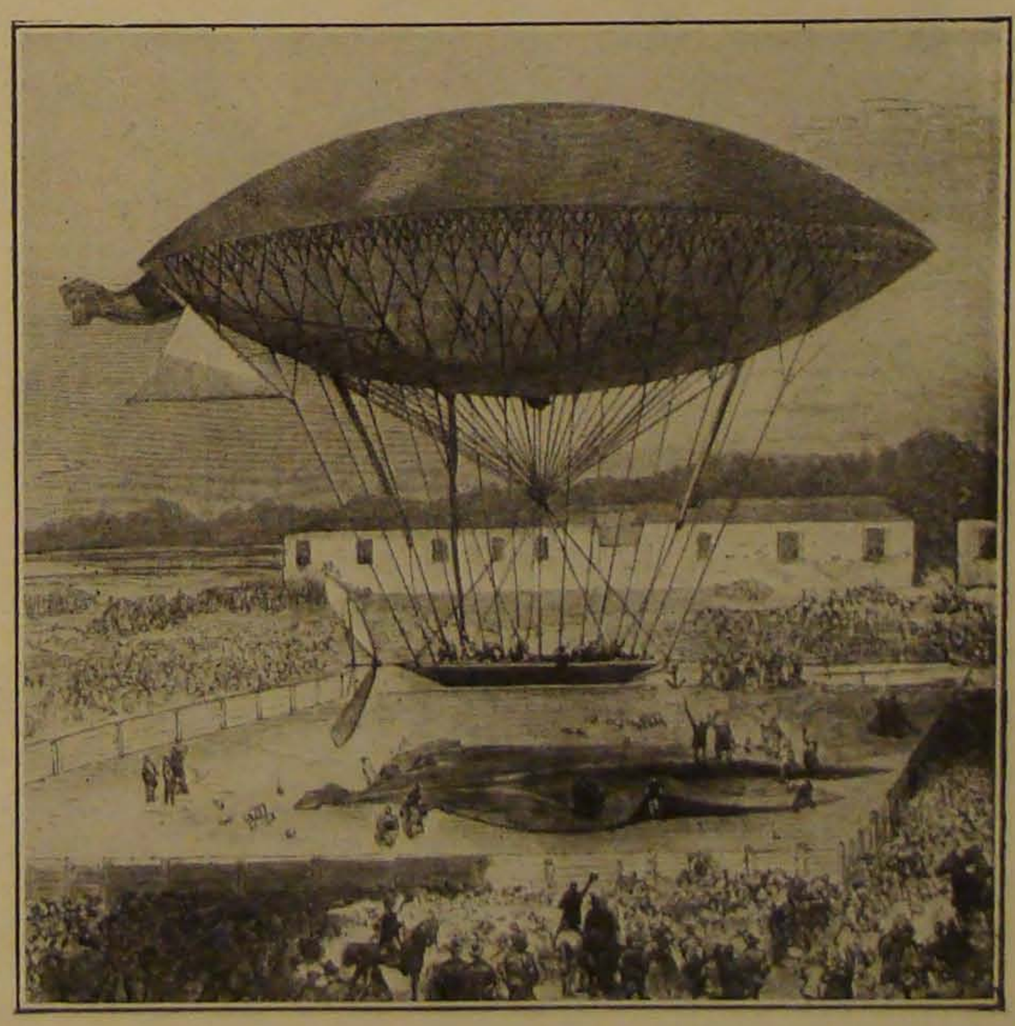
Nous rappellerons, pour mémoire, la première



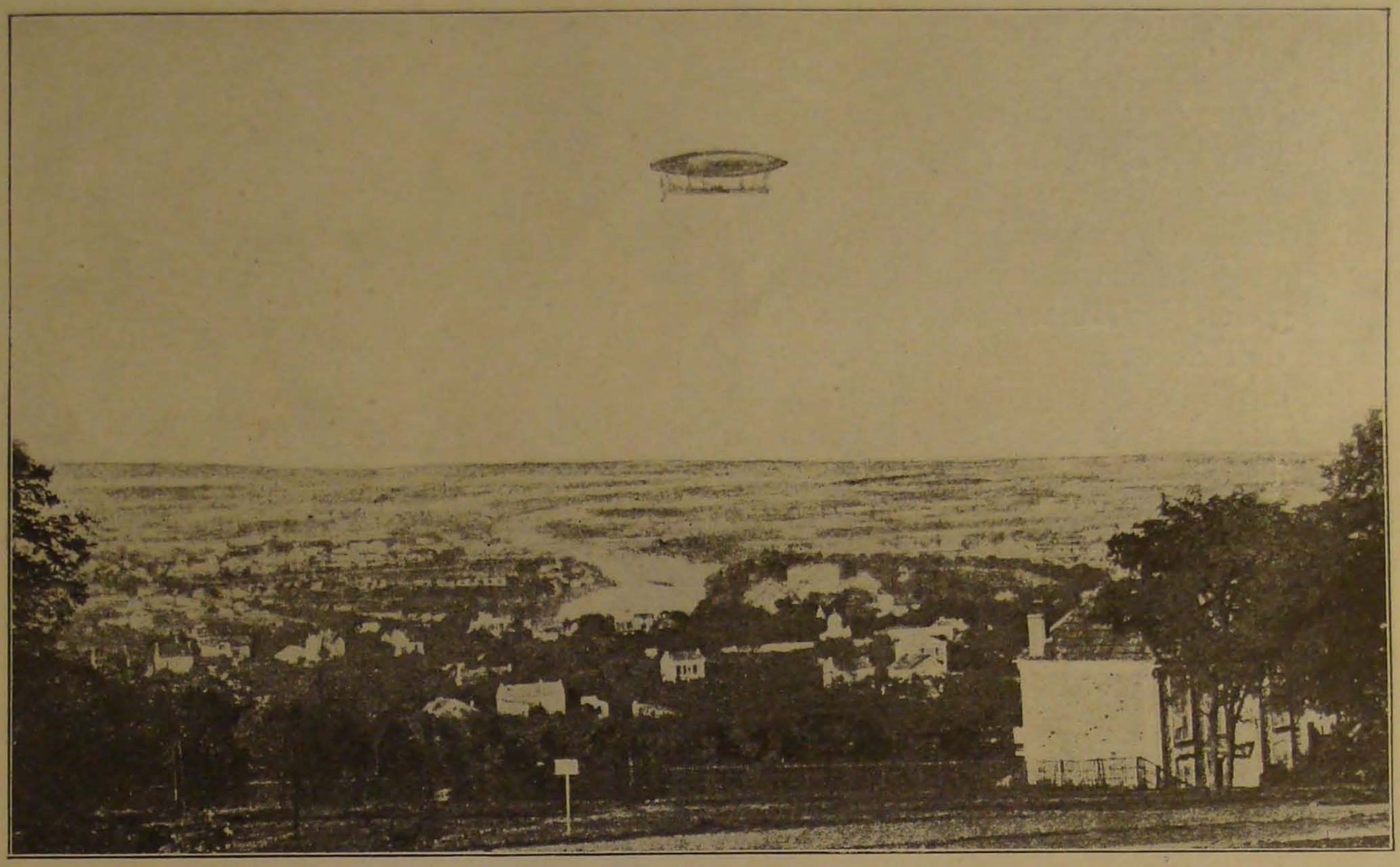
Ascension d'une montgolfière. ⌀ *La découverte des frères Montgolfier et les diverses expériences effectuées attirèrent en foule les spectateurs. On voit représentée ici l'ascension de la montgolfière* le Gustave.

traversée de la Manche, à bord d'un aérostat, par Blanchard, accompagné d'un Anglais, le Dr Jefferies : le 7 janvier 1785, ils partirent de Douvres à une heure de l'après-midi : à trois heures, ils étaient au-dessus de Calais. Pilâtre de Rozier, accompagné de Romain, voulut faire la traversée en sens inverse ; mais son appareil, moitié aérostat, moitié montgolfière, prit feu, et les deux aéronautes furent tués.

La Révolution fit le premier usage militaire des aérostats à la bataille de Fleurus, pour l'observation des lignes ennemies. En 1799, Garnerin inventa le parachute.



Ascension du ballon a hélice de Dupuy de Lôme en 1872. ⌀ *Ce ballon fusiforme était propulsé par une hélice actionnée par 8 hommes et marchait à la vitesse de 2m. 25 à la seconde. Il fit une seule sortie à Vincennes.*



VOYAGE DU DIRIGEABLE « FRANCE », LE 22 SEPTEMBRE 1885. ◪ *Le premier aérostat vraiment dirigeable fut la* France, *construit par le colonel Renard, qui fit, au-dessus de Paris, un voyage en circuit fermé, revenant à son point de départ. Le moteur électrique était alimenté par une batterie de piles légères.* (Cliché communiqué par le Lt-Colonel P. Renard.)

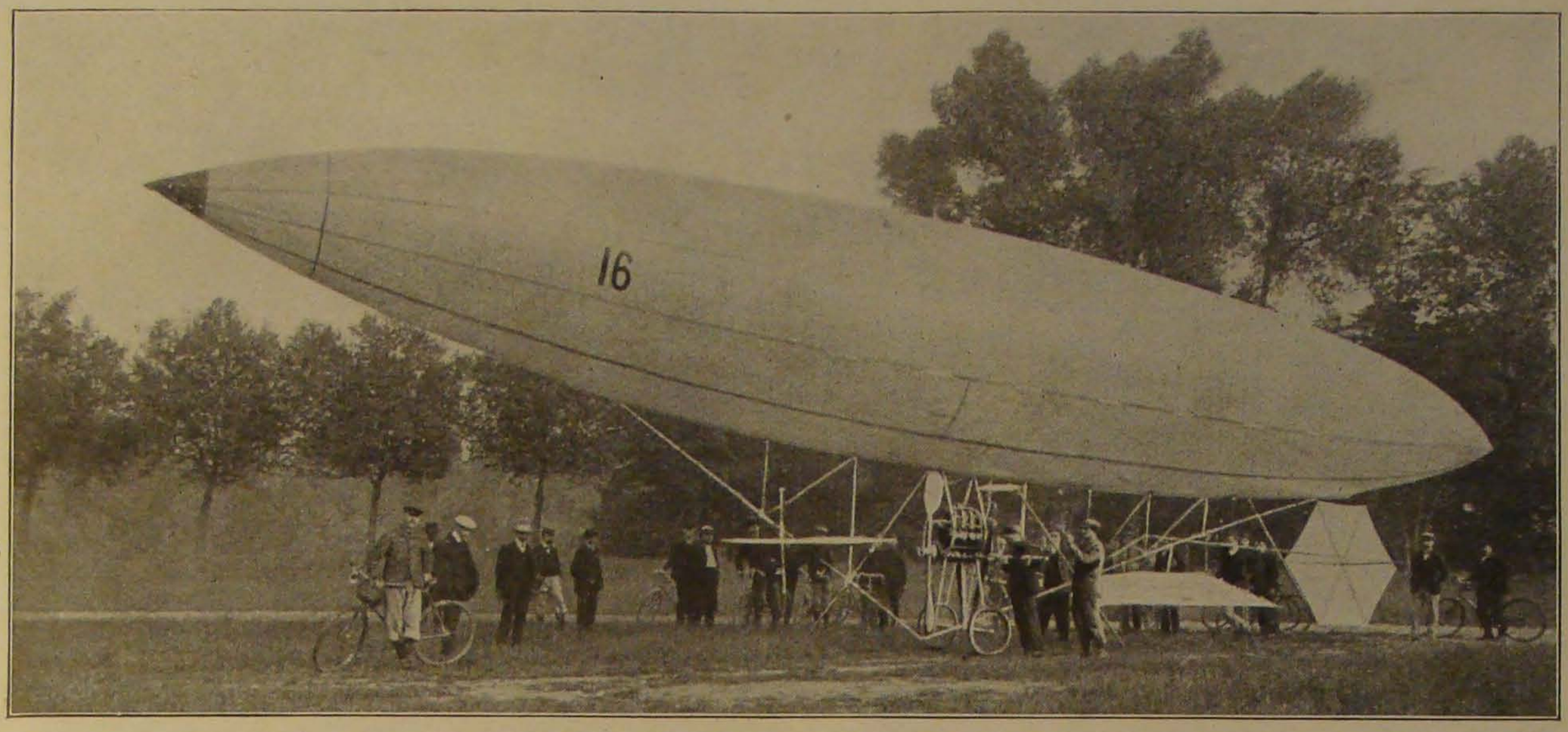
Depuis lors, les ascensions se sont multipliées ; il y a eu des « ballons célèbres », par exemple le *Géant*, enlevé de Paris en 1863, et cubant 6000 mètres. Il y eut le ballon le *Zénith*, dont l'ascension de grande altitude, faite dans un dessein scientifique, coûta la vie aux aéronautes Sivel et Crocé-Spinelli ; il y eut les ballons du siège de Paris, qui, en 1870, permirent à la capitale assiégée de communiquer avec la province. Depuis lors, les ascensions sont devenues chose courante.

Mais, dans ces ballons, l'homme était le jouet des vents : son ambition n'était pas entièrement satisfaite ; il *flottait*, mais ne *naviguait* pas. Le problème de la « direction des ballons » hantait les cerveaux des aéronautes et des savants, et cela à partir de Montgolfier.

En 1852, un ingénieur français, Henri Giffard, eut la gloire de réaliser le premier ballon « propulsé » et « dirigé » mécaniquement. Il eut l'audace de suspendre, au-dessous d'un ballon « fusiforme » gonflé à l'hydrogène, une petite machine à vapeur actionnant une hélice : sans accomplir un « voyage » proprement dit, il put faire des évolutions, des déviations volontaires par rapport à la direction du vent, démontrant matériellement qu'il était « possible » de diriger les ballons. En 1872, Dupuy de Lôme, avec un appareil de même forme, propulsé par une hélice actionnée à bras d'hommes, put réaliser une vitesse propre de 2 m. 80 par seconde. En 1883 et 1884, les frères Tissandier essayèrent un aérostat en forme de cigare, propulsé par un moteur électrique, et réussirent à tenir tête au vent et même à naviguer un instant « vent debout ».

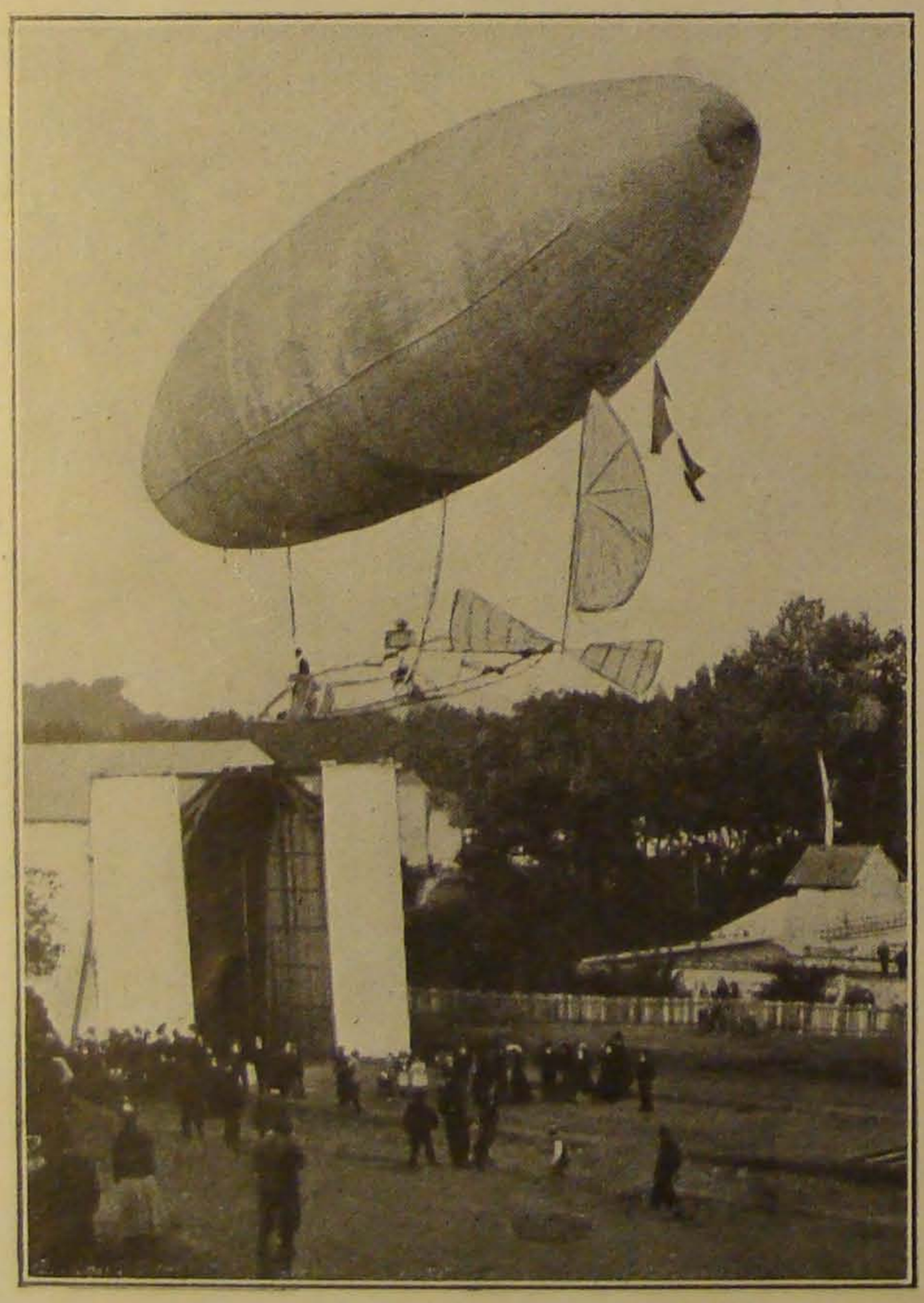
Mais c'est le 22 septembre 1885 qui marqua la date décisive dans la direction des ballons. Le colonel Renard, alors simple capitaine, fit sur un ballon en forme de poisson (un ballon *pisciforme*) le premier voyage aérien en *circuit fermé* : parti de Chalais-Meudon, il y revint après avoir évolué au-dessus de Paris. Ce ballon avait 58 mètres de longueur, 8 m. 40 de diamètre maximum et cubait 1 866 mètres. Un moteur électrique de 8 chevaux, actionné par des piles légères, faisait tourner une hélice de 7 mètres, placée à l'avant d'une longue nacelle. Cette expérience fut un triomphe : par elle, était non plus démontrée mais *réalisée* la direction des aérostats. C'est donc au colonel Renard que revient légitimement le titre de *créateur de la navigation aérienne*.

Depuis lors, les « dirigeables » se sont multipliés et perfectionnés. Rappelons, pour

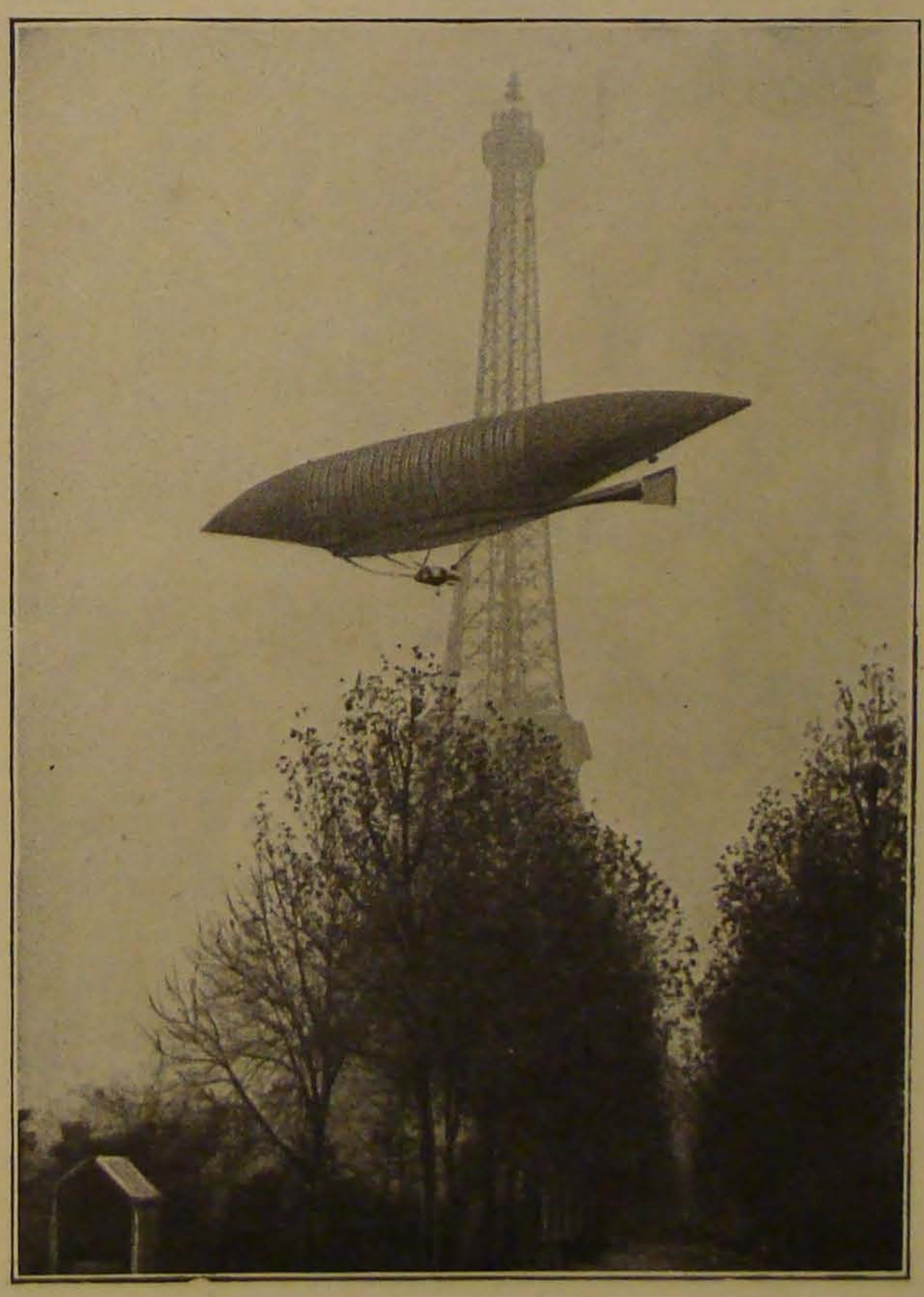


UN DIRIGEABLE « SANTOS-DUMONT ». ø *Aussitôt après la vulgarisation du moteur à explosion, un Brésilien, M. Santos-Dumont, construisit des dirigeables de petites dimensions, avec lesquels il multiplia les expériences. Celui qui valut à l'aéronaute le prix Deutsch de la Meurthe mesurait 33 mètres de longueur et 6 mètres de diamètre.* (Cl. Raffaele.)

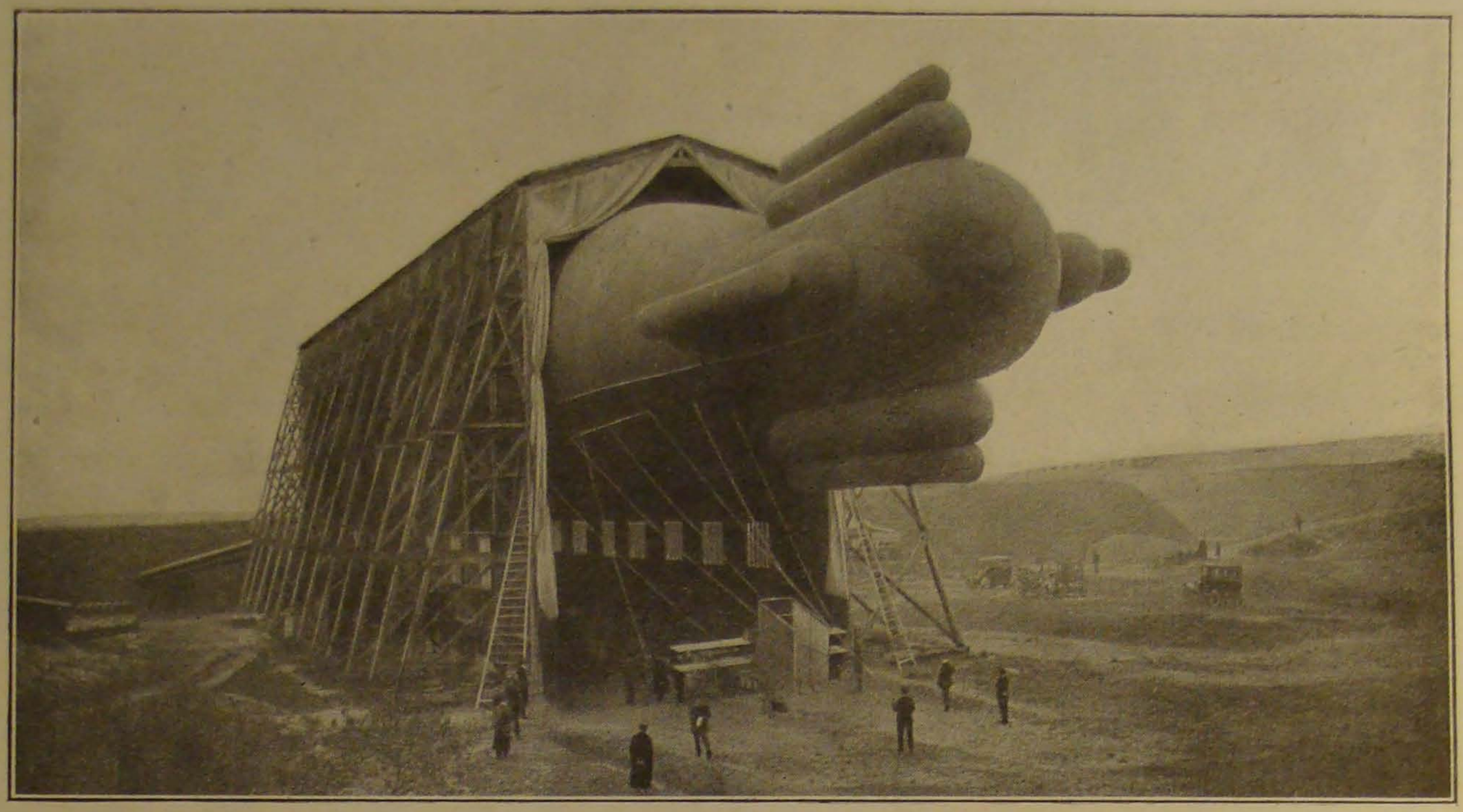
mémoire, les ascensions de Santos-Dumont, qui gagna, le 16 octobre 1901, le prix fondé par M. Deutsch (de la Meurthe) pour le premier aéronaute qui, pilotant un dirigeable, doublerait la Tour Eiffel et reviendrait à son point de départ, le parc de l'Aéro-Club à Saint-Cloud; les essais de M. Lebaudy, qui construisit le dirigeable *Patrie*; de M. Deutsch,



SANTOS-DUMONT GAGNANT LE PRIX DEUTSCH DE LA MEURTHE (*16 octobre 1901*). ø *Il s'agissait de partir de Saint-Cloud, de doubler la Tour Eiffel et de revenir au point de départ, le tout en une demi-heure.* (Cl. Gaillard.)



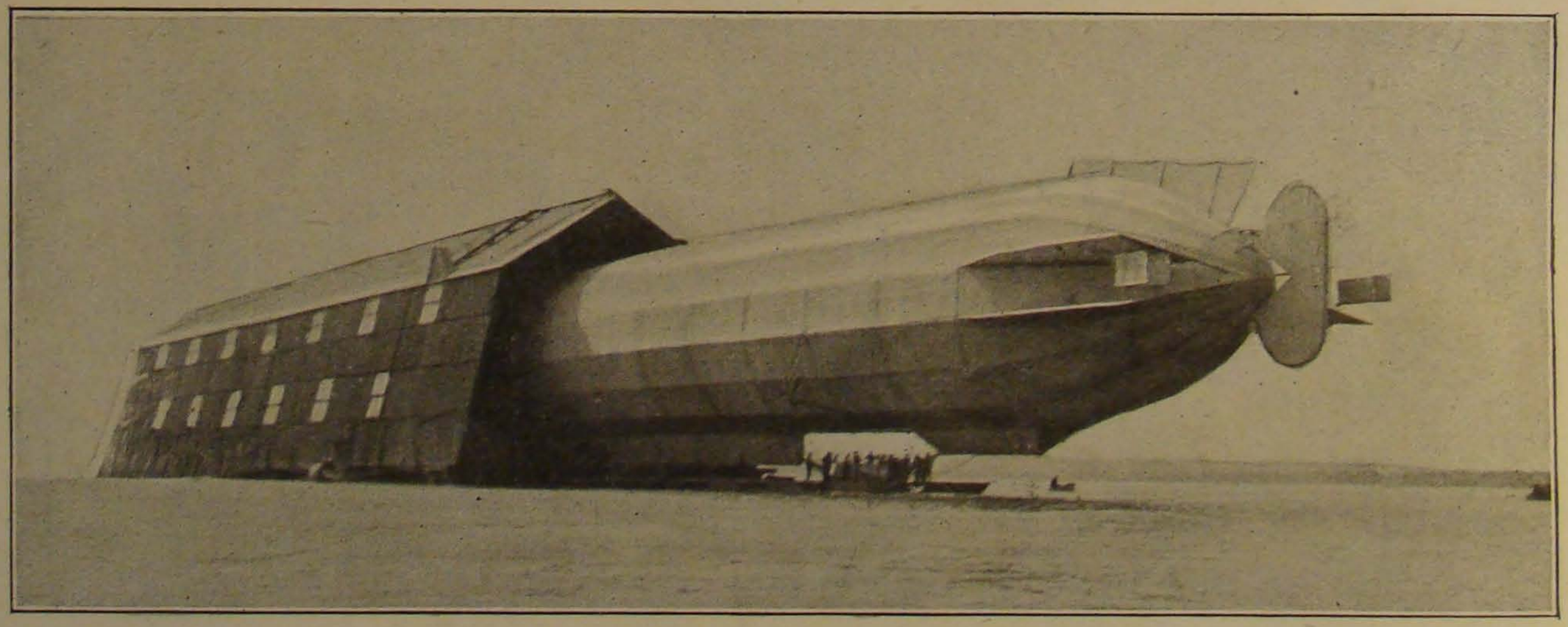
LE « LEBAUDY » CROISE AUX ENVIRONS DE LA TOUR EIFFEL. ø *Ce dirigeable, surnommé le « Jaune » à cause de sa couleur, fit de nombreux essais en 1904. Il mesurait 58 mètres de longueur, et son volume était de 2300 mètres cubes.*



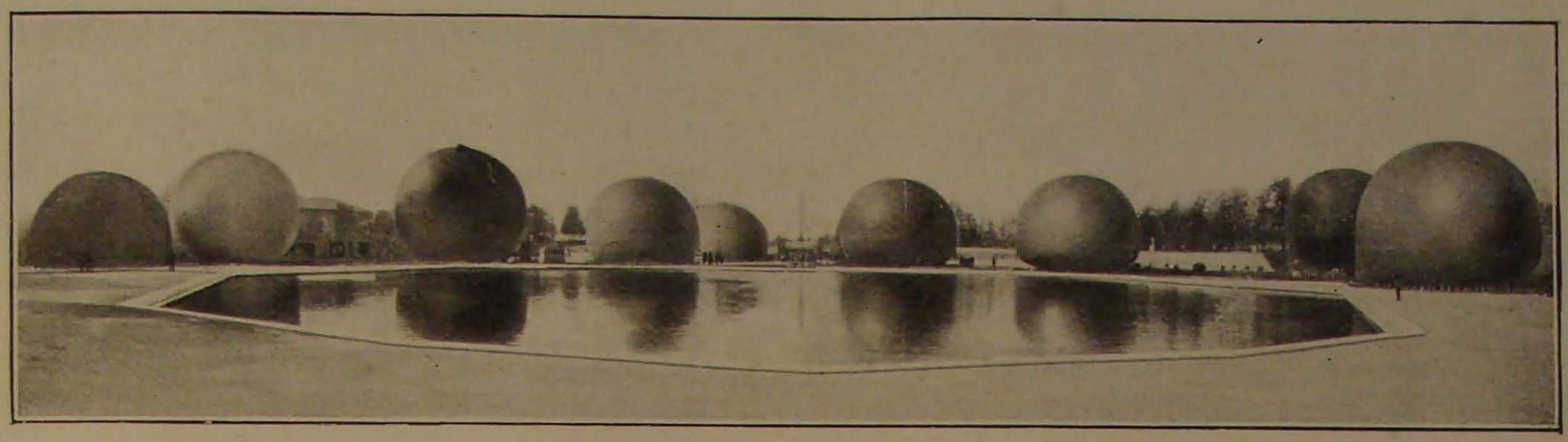
LE DIRIGEABLE « VILLE DE PARIS » ENTRANT DANS SON HANGAR. *Ce ballon, construit en 1906 pour M. Henry Deutsch de la Meurthe, a été l'un des premiers grands dirigeables réalisés. On voit, à l'arrière, son « empennage » destiné à assurer la stabilité de direction. Sa longueur était de 60 m. 50, son volume de 3 200 mètres cubes.* (Cl. Branger.)

qui fit construire la *Ville de Paris* ; de M. Clément, dont le ballon, le *Clément-Bayard*, fit plusieurs voyages. Enfin les Allemands, admirateurs du « kolossal », entreprirent, sur les plans du comte Zeppelin, de gigantesques dirigeables à *carcasses rigides*, plagiés, d'ailleurs, d'après les brevets d'un ingénieur alsacien, M. Klein ; et l'ingénieur Torrès inaugurait le type dit Astra-Torrès, qui est la perfection comme dirigeable souple.

Telle est, esquissée dans ses grandes lignes, l'histoire des ballons, simples ou dirigeables, autrement dit celle des aéronefs « plus légers que l'air ». Ils constituent l'une des solutions du problème de la navigation aérienne. Mais il y en a une autre consistant à s'élever, à « voler » dans un appareil « plus lourd que l'air » à la façon des oiseaux ; cette solution, c'est l'*aviation* ; nous l'exposerons après que nous aurons donné quelques détails sur la construction et la manœuvre des ballons, *libres* ou *dirigeables*.



LE « ZEPPELIN II » QUITTE SON HANGAR FLOTTANT DU LAC DE CONSTANCE. *Les Allemands, qui ont toujours rêvé le « kolossal », ont réalisé des dirigeables géants, formés d'une carcasse rigide construite en tubes d'aluminium, recouverte de toile et renfermant des ballonnets gonflés d'hydrogène.* (Cl. Scholl, à Friedrichshafen.)



La Coupe Gordon-Bennett des ballons sphériques. — *Voici, dans le jardin des Tuileries, le gonflement des ballons, qui vont lutter pour remporter cette coupe annuelle destinée à récompenser le plus long voyage accompli en ballon libre.*

CHAPITRE II

LES BALLONS SPHÉRIQUES

LES BALLONS LIBRES

LES ballons, en général, sont une application aux gaz de la loi énoncée par Archimède : « Tout corps plongé dans un fluide y éprouve une poussée verticale égale au poids du fluide déplacé. » Pour réaliser un objet susceptible d'être ainsi « enlevé » en l'air par la poussée de l'air lui-même, il faut donc construire une capacité qui, remplie d'un gaz léger, soit moins lourde que le poids du volume de l'air qu'elle déplace.

Un ballon (un aérostat, comme on dit également) doit ainsi comprendre une *enveloppe*, généralement sphérique ; un *filet* soutenant une *nacelle* où prennent place les passagers, et qui contient les *appareils de manœuvre*, dont les plus importants sont la corde de la soupape, le *guide-rope*, l'*ancre* et le *lest* ; dans la nacelle sont fixés les *instruments scientifiques* servant à connaître la hauteur.

L'ENVELOPPE. — L'enveloppe doit être à la fois légère, *résistante* et *imperméable* au gaz qu'elle doit contenir. Une seule espèce de membrane réunit ces trois qualités : c'est la *baudruche*, membrane mince et presque impalpable, tirée des boyaux de bœuf ou de mouton. Un ballon en baudruche est à peu près imperméable à l'hydrogène, dont il ne laisse filtrer que la deux-millième partie en vingt-quatre heures. Mais il faut sept ou huit couches de baudruche pour construire une enveloppe dont le prix est dès lors fort élevé : il atteignait, avant la guerre, plus de 60 francs le mètre carré. Aussi a-t-on cherché à le remplacer par d'autres tissus.

On emploie une étoffe de soie appelée *pongee de Chine*. Nue, elle laisserait fuir le gaz ; mais on la recouvre d'un vernis, formé d'un mélange d'huile de lin siccative, de caoutchouc et d'essence de térébenthine ; elle pèse, nue, 80 grammes le mètre carré, et, vernie, 190 grammes.

Un ballon sphérique de type militaire français d'avant-guerre, de 10 mètres de diamètre, a un volume de 550 mètres cubes et une surface de 314 mètres carrés. Son enveloppe, en pongee de Chine, pèse nue 31 kilos et, après vernissage, 105 kilos.

Dès qu'il s'agit de grands ballons, et surtout de dirigeables, ces étoffes sont trop légères. On emploie aujourd'hui des étoffes caoutchoutées, sans vernis, formées de deux tissus de coton entre lesquels on place une mince pellicule de caoutchouc, épaisse d'un dixième de millimètre. Une telle étoffe pèse 300 grammes par mètre carré et résiste à un effort de rupture de 1 250 grammes par mètre. Pour la soustraire à l'action « actinique » des rayons solaires qui détérioreraient le caoutchouc, on la recouvre d'un enduit au chromate de plomb destiné à arrêter les rayons ultraviolets. C'est cette couleur qui donne aux aérostats modernes cette couleur jaune qui avait valu aux premiers dirigeables leur appellation.

Rappelons brièvement les volumes et les

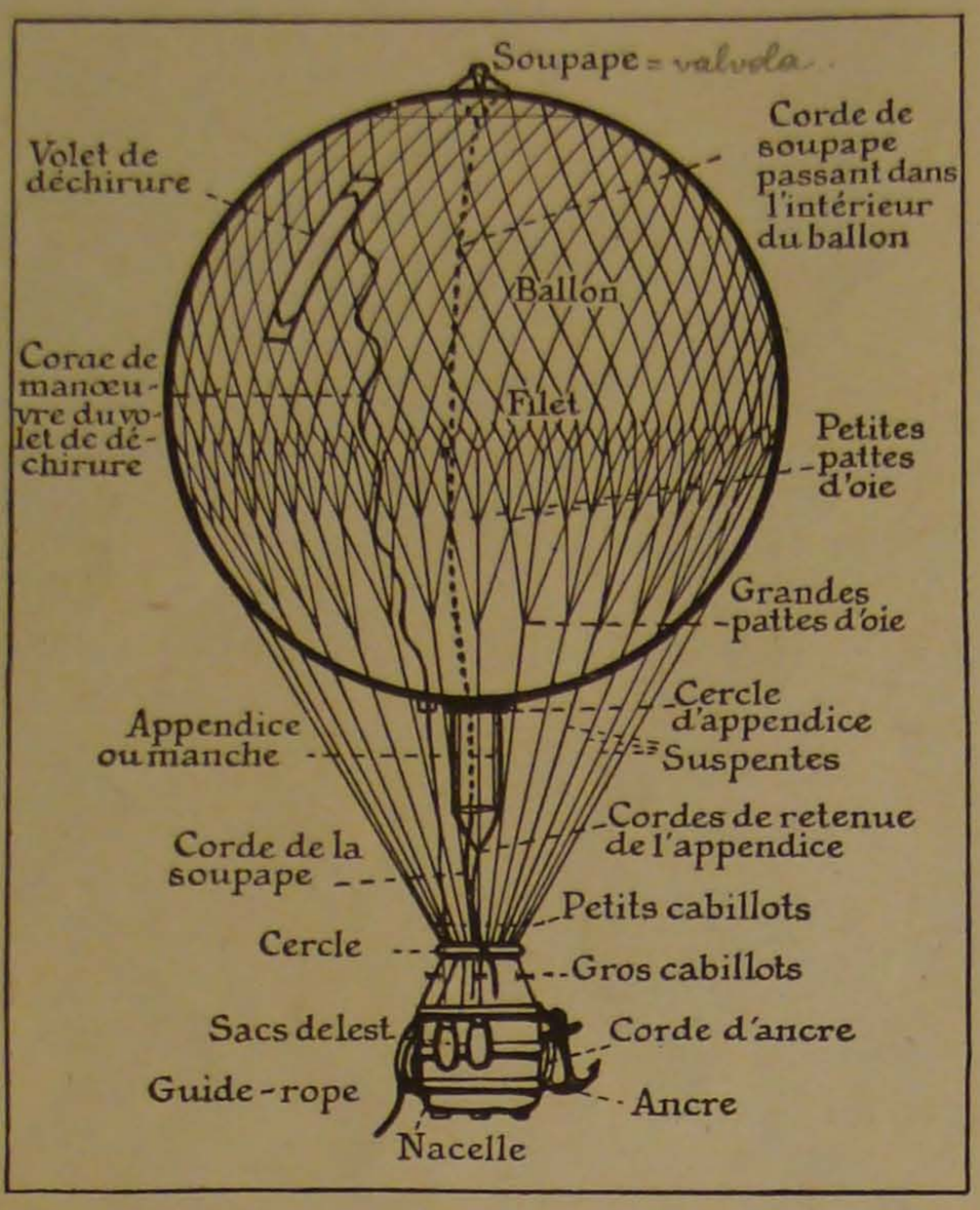


SCHÉMA D'UN BALLON SPHÉRIQUE. *On se rend compte, d'après cette figure, des diverses opérations que l'aéronaute effectue de la nacelle : jet du lest, manœuvres de la soupape, du volet de déchirure, de l'ancre, etc.*

LE GONFLEMENT D'UN BALLON SPHÉRIQUE. *L'enveloppe vide, étalée à terre, vient d'être recouverte du filet. La manche d'appendice est ensuite raccordée avec le tube amenant l'hydrogène.* (Cl. Boyer.)

BALLONS SPHÉRIQUES EN COURS DE GONFLEMENT. *Le gaz commence à soulever les enveloppes.* (Cl. Boyer.)

surfaces de quelques types de ballons sphériques. Un ballon de 10 mètres de diamètre a une surface de 314 mètres carrés et un volume de 550 mètres cubes ; un ballon de 12 m. 40 de diamètre a une surface de 457 mètres carrés et un volume de 1 000 mètres cubes ; un ballon de 20 mètres de diamètre a une surface de 1 250 mètres carrés et un volume de 4 175 mètres cubes ; un ballon de 25 mètres de diamètre a une surface de 1960 mètres carrés et un volume de 8 200 mètres cubes.

Pour confectionner l'enveloppe, on la dessine et on la découpe par *fuseaux* ; pour les étoffes de soie, on les assemble par coutures recouvertes de bandes collées. Pour les étoffes de caoutchouc, on colle les feuilles voisines qui les recouvrent.

LE GAZ HYDROGÈNE. Le gaz qui gonfle le ballon doit être plus léger que l'air afin de lui assurer une force ascensionnelle. Trois gaz peuvent être employés aujourd'hui : l'*hydrogène*, le gaz d'*éclairage* et l'*hélium*.

L'hydrogène est le plus léger et le plus avantageux, au point de vue de la force surtout. Un mètre cube de ce gaz pèse, à zéro degré, 110 grammes. On le prépare aujourd'hui dans des usines où on l'emmagasine, sous haute pression, dans des *bouteilles* d'acier. C'est le procédé employé uniquement de nos jours pour gonfler les ballons à l'hydrogène. Le gaz ainsi produit est assez coûteux.

Le gaz d'éclairage vient ensuite, avec, comme avantage, son meilleur marché : en revanche, il est plus lourd : un mètre cube de « gaz » à zéro pèse environ 500 grammes, soit un peu moins de la moitié du poids du même volume d'air. Ces deux gaz ont le grave défaut d'être *inflammables*, ce qui est un danger perpétuel pour les aéronautes, surtout dans les dirigeables, à bord desquels fonctionnent un *moteur* à explosion.

On a proposé récemment, et on a commencé à réaliser en Amérique l'emploi de l'*hélium*, gaz « rare » qui se trouve dans les émanations radioactives des sources minérales. Ce gaz pèse 160 grammes par mètre cube et est *absolument incombustible*. Par contre, c'est le plus cher des « gaz à ballons » : il revient actuellement (1923) à plus de 25 francs le mètre cube. Les Américains en appliquant les méthodes de liquéfaction des gaz de

Georges Claude, étaient arrivés, à la fin de la guerre de 1914, à en fabriquer assez pour gonfler plusieurs dirigeables.

LA FORCE ASCENSIONNELLE. ∅ ∅ On appelle ainsi la différence entre le poids total du ballon gonflé et le poids du volume d'air qu'il déplace.

Ainsi, un ballon militaire français, de 10 mètres de diamètre, a un volume de 550 mètres cubes et une surface de 314 mètres carrés. Supposons-le construit en étoffe caoutchoutée qui pèse 230 grammes par mètre carré : le poids de l'enveloppe sera de 104 kilos. Le poids de l'hydrogène qu'elle contient sera 540 fois 110 grammes, soit 59 kilos. Le ballon *nu* pèsera donc 104 + 59 = 163 kilos. Mais, comme un mètre cube d'air pèse 1 kg. 293, le poids total de l'air déplacé sera 520 × 1293, soit 698 kilos.

La différence entre 698 kilos et 163 kilos, c'est-à-dire 535 kilos, représente donc le poids que pourrait enlever un tel ballon *nu*.

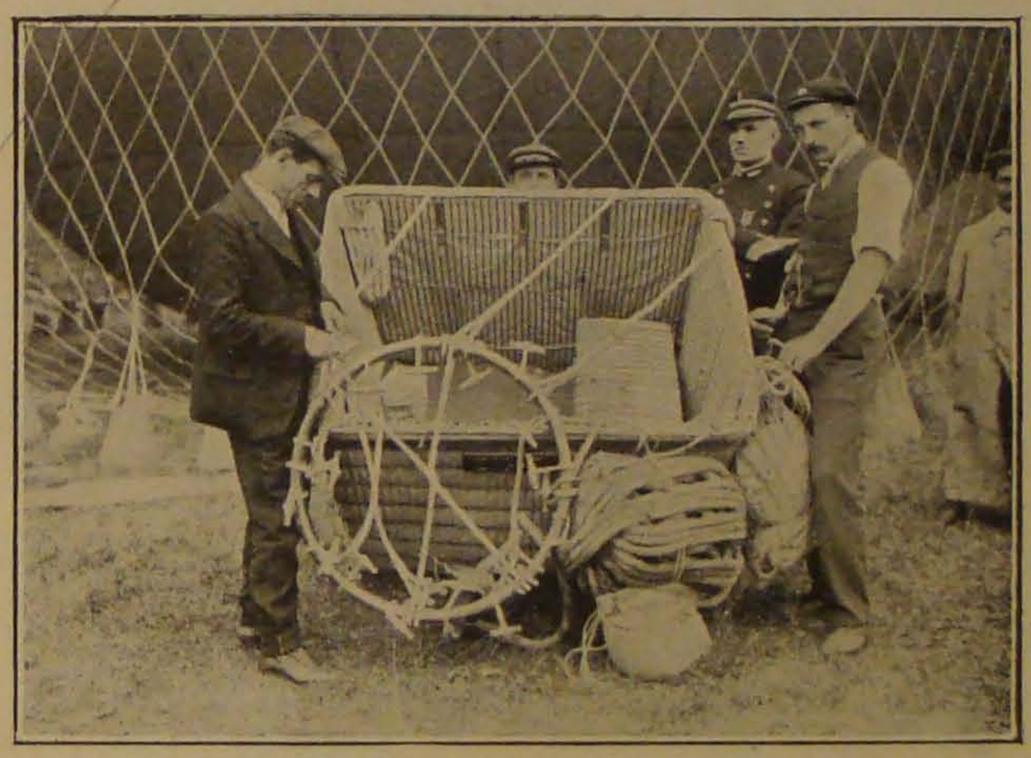
Mais une partie de ces 535 kilos est constituée par le *filet*, par la *nacelle*, par les *agrès* et par le poids de l'aéronaute ou des aéronautes. En retranchant la somme de ces poids du poids de 535 kilos, la force restante sera la *force ascensionnelle*. On l'utilise en embarquant des sacs de sable constituant le *lest*, et on ne conserve, au départ, qu'une force ascensionnelle de quelques kilos pour s'élever.

Avec le gaz d'éclairage, la force portante du même ballon serait beaucoup plus petite et atteindrait à peine le chiffre de 250 kilos.

Quoi qu'il en soit, la partie essentielle, « active » d'un ballon, c'est son enveloppe et le gaz qu'elle renferme. Mais ce gaz, à mesure que le ballon monte dans des régions de l'air où la pression est moindre, va se « détendre » et acquérir une *surpression*. D'autre part, il faut que l'aéronaute puisse en laisser sortir à volonté une certaine quantité quand il veut descendre : pour monter, au contraire, il jettera du lest. A cet effet, l'enveloppe du ballon porte, à ses deux pôles, deux organes : l'un est la *manche d'appendice*, l'autre est la *soupape*, dont le schéma général de la page précédente montre la disposition théorique.

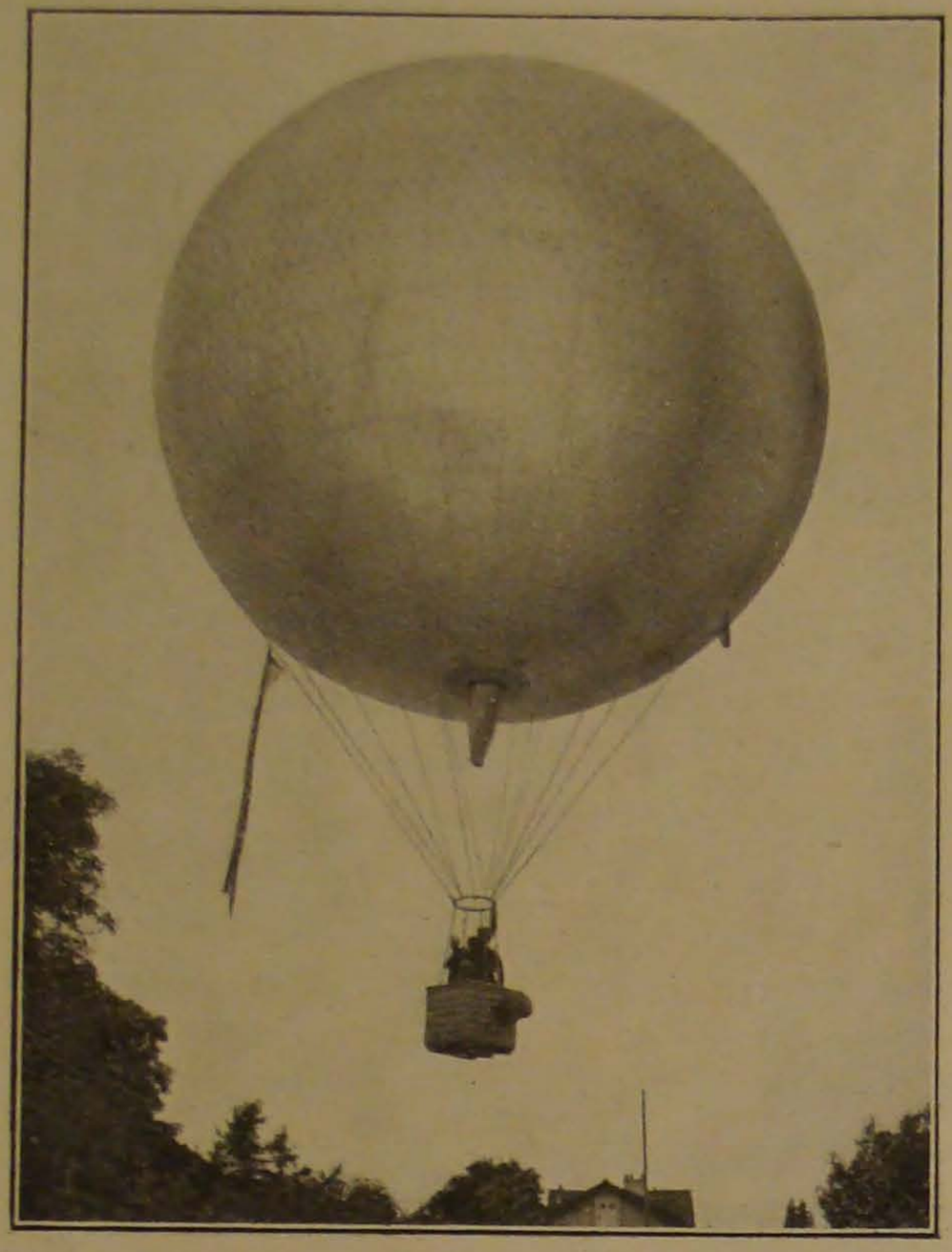
LA MANCHE D'APPENDICE ET LA SOUPAPE. ∅ ∅ A la partie inférieure de l'enveloppe, pendant ver-

UN ATELIER DE COUTURE. ∅ *Des ouvrières assemblent les bandes d'étoffe, dite pongee de Chine, qui doivent, par leur assemblage, constituer l'enveloppe du ballon. Un vernis spécial rend ensuite le tissu imperméable.*



INTÉRIEUR D'UNE NACELLE. ∅ *On voit, dans l'intérieur du récipient d'osier, le strapontin sur lequel peut s'asseoir l'aéronaute.* (Cl. Boyer.)

APPAREIL PRODUCTEUR D'HYDROGÈNE. ∅ *Cet appareil portatif sert au gonflement des ballons sphériques et surtout des ballons militaires.* (Cl. Boyer.)



LE DÉPART D'UN BALLON SPHÉRIQUE. *Après le commandement : « Lâchez tout ! », le ballon, délivré de ses attaches au sol, s'élève librement dans l'espace.* (Cl. Boyer.)

ticalement, est une *manche* d'étoffe servant au remplissage du ballon. Mais cette manche sert aussi d'orifice, permettant au gaz intérieur de sortir librement de l'enveloppe lorsque, par suite de son ascension, il a acquis une surpression, ou qu'un « coup de soleil » brusque l'a dilaté. Les dimensions en sont soigneusement calculées d'après les formules de la dynamique des fluides.

Au pôle supérieur de l'enveloppe se trouve la soupape que l'on peut manœuvrer de la nacelle en tirant sur une corde, et par laquelle, en vertu de sa légèreté, le gaz s'écoule alors. Un cercle métallique est serti contre les bords d'une ouverture circulaire pratiquée en haut de l'enveloppe. Un volet bordé de caoutchouc est « rappelé » vers le haut par deux ressorts et vient, en temps normal, s'appuyer contre les bords de ce cercle et le ferme, bouchant ainsi toute issue au gaz intérieur. Mais, si l'on tire sur la corde, on abaisse le volet, et les gaz peuvent sortir plus ou moins vite, suivant le degré d'ouverture. Le colonel Renard a combiné une soupape commandée de la nacelle par une poire en caoutchouc et un tube pneumatique. Les soupapes sont protégées de la pluie par un petit toit en tôle légère.

BANDE DE DÉCHIRURE. Enfin, dans le cas où la soupape refuserait de fonctionner, on a prévu une disposition *in extremis* : c'est la bande ou volet de déchirure. C'est un panneau allongé fermant un orifice de même dimension et d'étoffe simplement appliquée contre les bords de celui-ci par de la colle de caoutchouc. Une corde fixée au milieu de ce panneau et aboutissant dans la nacelle permet de l'arracher à ses bords par une traction brusque et de démasquer d'un seul coup l'orifice qu'il recouvrait. On obtient ainsi, *en cas d'extrême nécessité*, un dégonflement rapide.

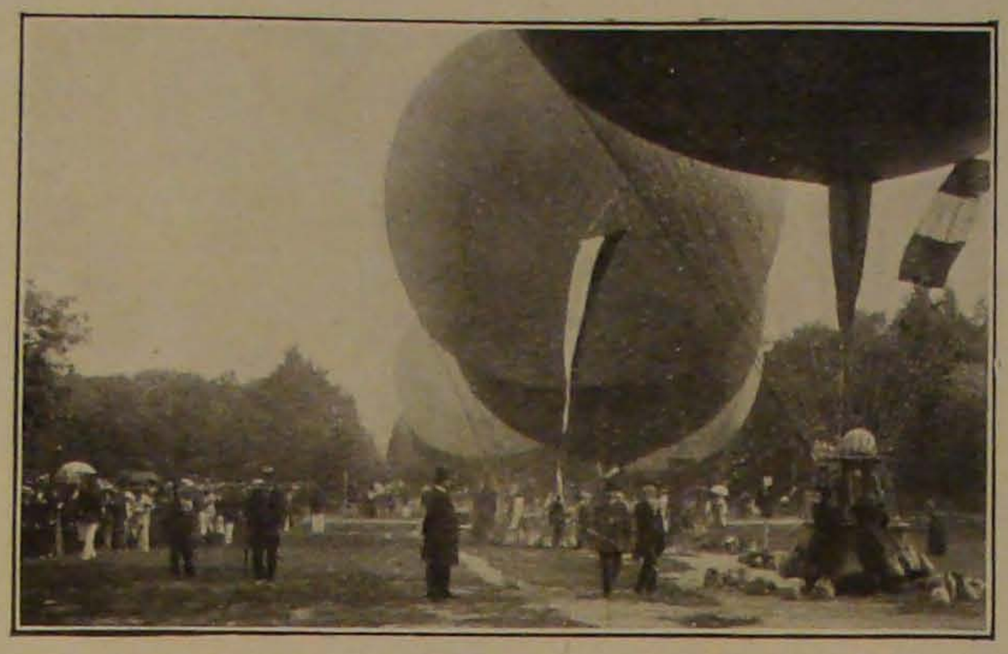
LE FILET DE SUSPENSION. L'enveloppe construite et gonflée, il faut y *suspendre* la *nacelle* destinée à contenir le ou les voyageurs. A cet effet, on se sert d'un *filet* qui enveloppe complètement l'hémisphère supérieur du ballon et descend un peu au-dessous de l'équateur de celui-ci. Là, les cordes qui le terminent dessinent, par leur ensemble, un tronc de cône renversé, venant se réunir toutes à un *cercle de suspension*, gros anneau de bois. C'est de ce cercle que partent les *suspentes* qui supportent directement la nacelle et son contenu. Les cordes qui terminent le filet vont en augmentant de grosseur à mesure que leur nombre, vers le bas, va en diminuant. Le rôle du filet est de *répartir* sur toute la surface de l'enveloppe le poids que celle-ci aura à enlever. Sa résistance est calculée de façon à être de huit ou dix fois plus forte qu'il n'est nécessaire pour la charge maxima.

Tout autour de l'équateur pendent librement de longues cordes de manœuvre, qui permettent de saisir l'aérostat à son atterrissage.

Le poids du filet d'un ballon de 10 mètres de diamètre que nous avons pris comme type est de 25 kilos environ ; il atteint 50 kilos pour un ballon de 1 000 mètres cubes.

LA NACELLE. C'est un panier en osier, renforcé par des barres en bois, et de forme rectangulaire ; elle comporte des sièges pliants pour les aéronautes et doit être assez grande pour leur assurer la liberté de tous leurs mouvements.

Le poids de la nacelle d'un ballon de 10 mètres de diamètre (550 mètres cubes) est d'environ 20 kilos ; celle d'un ballon de 1 000 mètres cubes pèse à peu près 30 kilos.



UNE COUPE DE « SPHÉRIQUES ». ø *Préparatifs de départ dans le bois de Vincennes (9 octobre 1900). Les aéronautes ont pris place dans la nacelle, retenue au sol par des sacs de sable, que l'on voit au premier plan, à droite.*

LE LEST. ø ø

Le lest, cette « cargaison variable » que l'on embarque au départ et qui, jetée à propos par-dessus le bord, augmente la force ascensionnelle du ballon en diminuant sa charge, est presque toujours formé de sacs de sable. Il est réparti dans des sacs de façon que le poids de chacun d'eux soit de 20 kilos. Pour les ascensions de grande altitude, où la fatigue musculaire devient considérable, on constitue des sacs de 10 kilos seulement. On les accroche souvent à l'extérieur de la nacelle, bien qu'il soit plus prudent, pour éviter le délestage subit qu'occasionnerait le départ inopiné de l'un d'eux, de les mettre à l'intérieur.

LES ANCRES ET LE GUIDE-ROPE. ø ø

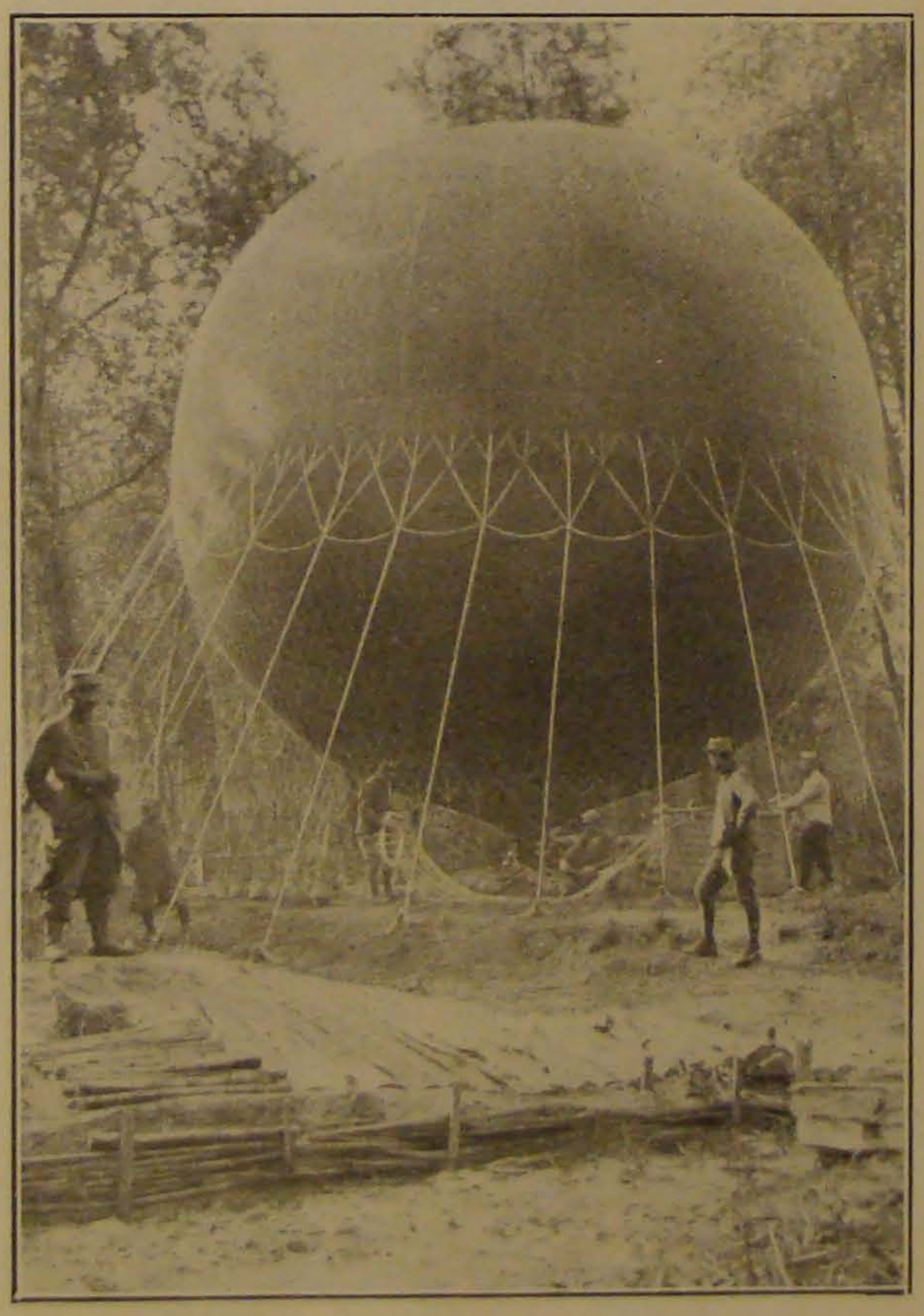
L'*ancre* est nécessaire à l'aéronaute pour assurer son atterrissage. Délaissant la forme classique de l'ancre marine, les aéronautes modernes se servent presque exclusivement de *grappins* à plusieurs pattes. Ces grappins, fixés au bout d'une longue corde enroulée en « glène », pendent en dehors de la nacelle ; il suffit de couper une cordelette qui la retient pour que leur corde de suspension se déroule et que les grappins puissent mordre le sol.

Indépendamment de l'ancre, il est un organe essentiel de l'atterrissage, que l'on appelle le *guide-rope* : c'est une longue et forte corde qu'on laisse pendre librement au-dessous du ballon. Quand celui-ci s'approche de la terre, le guide-rope touche le sol le premier. Le ballon se trouve donc délesté de tout son poids et ralentit sa descente. La longueur du guide-rope est de 100 à 150 mètres; son poids total, pour le ballon de 10 mètres de diamètre, est d'une trentaine de kilos.

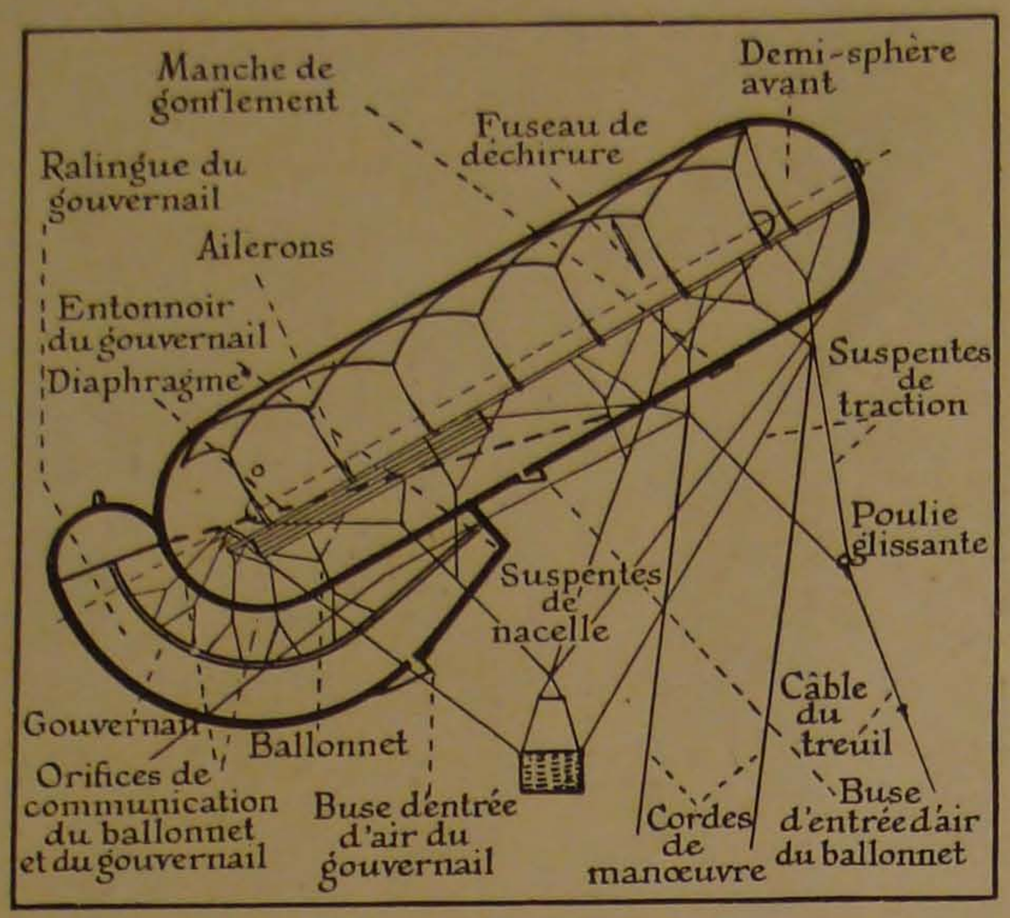
Le guide-rope a un autre rôle que celui de « délesteur » : en cas de descente par fort vent, si le ballon est traîné sur le sol, il s'enroule autour des branches d'arbres, des pierres, etc., et ralentit ainsi le traînage, si dangereux dans ces atterrissages.

Tels sont les organes essentiels de construction d'un ballon. Il nous reste à parler du prix de l'engin tout entier.

Avant la guerre, un ballon de 10 mètres de diamètre, ou de 550 mètres cubes, pouvant enlever deux personnes, coûtait, construit en étoffe caoutchoutée, environ 7 000 francs, et un ballon de même construction, de 1 000 mètres cubes, pouvant enlever 4 personnes, en coûtait environ 12 000. Ces prix, certainement, sont plus que quadruplés actuellement.



UN BALLON CAPTIF MILITAIRE. ø *Les sphériques captifs ne peuvent s'élever que par des vents d'une vitesse inférieure à 8 ou 10 mètres par seconde Pendant la guerre, ils furent remplacés par les « saucisses ».* (Cl Sect phot. de l'Armée.)



COUPE SCHÉMATIQUE D'UN BALLON CAPTIF DE FORME ALLONGÉE TYPE H. *Les ballons captifs modernes sont allongés en forme de* saucisses, *d'où leur appellation populaire. A l'arrière, le cylindre ouvert à l'air, qui sert de gouvernail.*

LE GONFLEMENT. On étale l'enveloppe à terre, en rond, en la recouvrant du filet dont on a « éclairci » les mailles de façon à éviter les nœuds et les coques. On raccorde la manche d'appendice avec le tube amenant le gaz ; à mesure de l'arrivée de celui-ci, le ballon se gonfle en soulevant le filet, aux mailles duquel on accroche des sacs de sable. Quand le remplissage est complet, on fixe la nacelle au cercle de suspension ; toutes ces opérations sont grandement facilitées par les *cordes de manœuvre*, dont on amarre quelques-unes à des piquets, maintenant ainsi le ballon à terre.

On place alors le lest dans la nacelle, et les voyageurs y montent ; puis on débarque

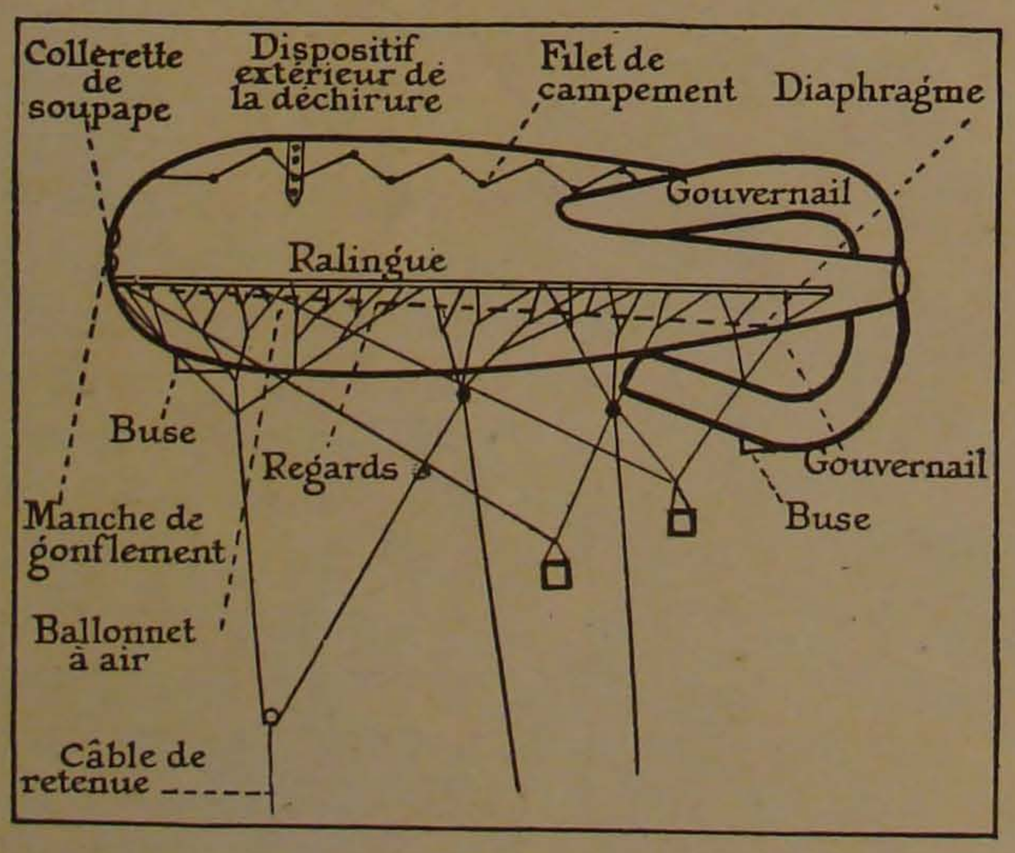


SCHÉMA D'ENSEMBLE D'UN BALLON CAPTIF ALLONGÉ DU TYPE R. *Les ballons cerfs-volants ou « saucisses » mesurent en général 25 mètres de longueur*

le nombre de sacs nécessaire pour que le ballon fasse sentir, en tirant plus fort sur les cordes de manœuvre, sa force ascensionnelle. On crie « lâchez tout », et le globe aéronautique s'enlève dans l'atmosphère.

LA CONDUITE D'UNE ASCENSION. Par suite de la diminution de la densité de l'air extérieur à mesure qu'on s'élève, la « poussée » qu'il exerce sur le ballon va en décroissant : l'aérostat, supposé plein au départ, aura donc une force ascensionnelle qui ira en diminuant et finira par atteindre une hauteur à laquelle il cessera de monter : c'est la *zone d'équilibre*. Pour un ballon de 520 mètres cubes qui ne jetterait pas de lest et qui partirait du niveau de la mer, elle est à 147 mètres. Si le ballon-type partait d'un point dont l'altitude fût de 800 mètres, la zone d'équilibre serait à 650 mètres plus haut. Pour dépasser la zone d'équilibre, il faut jeter du lest.

Le ballon subit des oscillations dans le sens de la hauteur par suite de la déperdition de gaz, par suite des *coups de soleil* qui accroissent la force ascensionnelle, par suite des surcharges accidentelles qui la diminuent. Si l'aéronaute veut conserver sa hauteur, il doit donc alternativement jeter du lest et lâcher du gaz, c'est-à-dire sacrifier ses ressources « par petits morceaux ».

LE BAROMÈTRE. Pour savoir à chaque instant s'il monte ou s'il descend, pour connaître la hauteur atteinte, l'aéronaute doit consulter le *baromètre*, son instrument fondamental. Monte-t-il ? L'aiguille du baromètre, allant vers la gauche, indique que la pression diminue. Descend-il ? L'aiguille, par son déplacement à droite, indique que la pression augmente. La *division altimétrique* tracée concentriquement à la division en millimètres indique par le chiffre devant lequel s'arrête l'aiguille la hauteur atteinte à ce moment. C'est l'observation permanente du baromètre qui dicte à l'aéronaute les manœuvres de lest et de gaz à effectuer.

L'ATTERRISSAGE. L'atterrissage est *volontaire* ou *accidentel*; c'est une opération toujours délicate, parfois dangereuse.

Quand on veut atterrir, on lâche peu à peu

du gaz : le ballon descend lentement. On déroule le *guide-rope* et la corde de l'ancre : si le vent est faible, on cherche un endroit découvert, prairie de préférence, de façon à n'avoir pas de dégâts à payer. Arrivé à 50 ou 60 mètres de terre, le *guide-rope* remplit son office en ralentissant la descente. A 10 mètres du sol, on laisse tomber l'ancre, qui, en mordant, trouve le point d'appui nécessaire à l'arrêt de l'aérostat. Alors, si l'on aperçoit des habitants, on les hèle : ils s'accrochent aux cordes de manœuvre et maintiennent le ballon. La soupape ouverte de celui-ci permet le dégonflement, et l'enveloppe vide est, avec le filet, ramassée dans la nacelle. Par grand vent, l'atterrissage est un danger, à cause du traînage qu'il comporte ; le ballon, dans ces conditions, est généralement mis en pièces.

LA MANŒUVRE DE LA SAUCISSE. — *Un officier observateur se dirige vers la nacelle. Un tel appareil est utilisé malgré des vents d'une vitesse de 16 mètres à la seconde.* (Cl. Section phot. de l'Armée.)

LES BALLONS CAPTIFS

AVANT d'en finir avec les ballons sphériques, disons un mot des ballons *captifs*, c'est-à-dire retenus au sol par un câble tendu sous l'action de leur force ascensionnelle.

Quelques-uns de ces ballons n'ont eu pour but que de satisfaire la curiosité des gens désireux de s'élever « sans risques » au-dessus de leurs semblables.

Tel était le célèbre et énorme ballon construit par l'ingénieur Henry Giffard, lors de l'Exposition de 1878, et dont le volume atteignait 25 000 mètres cubes.

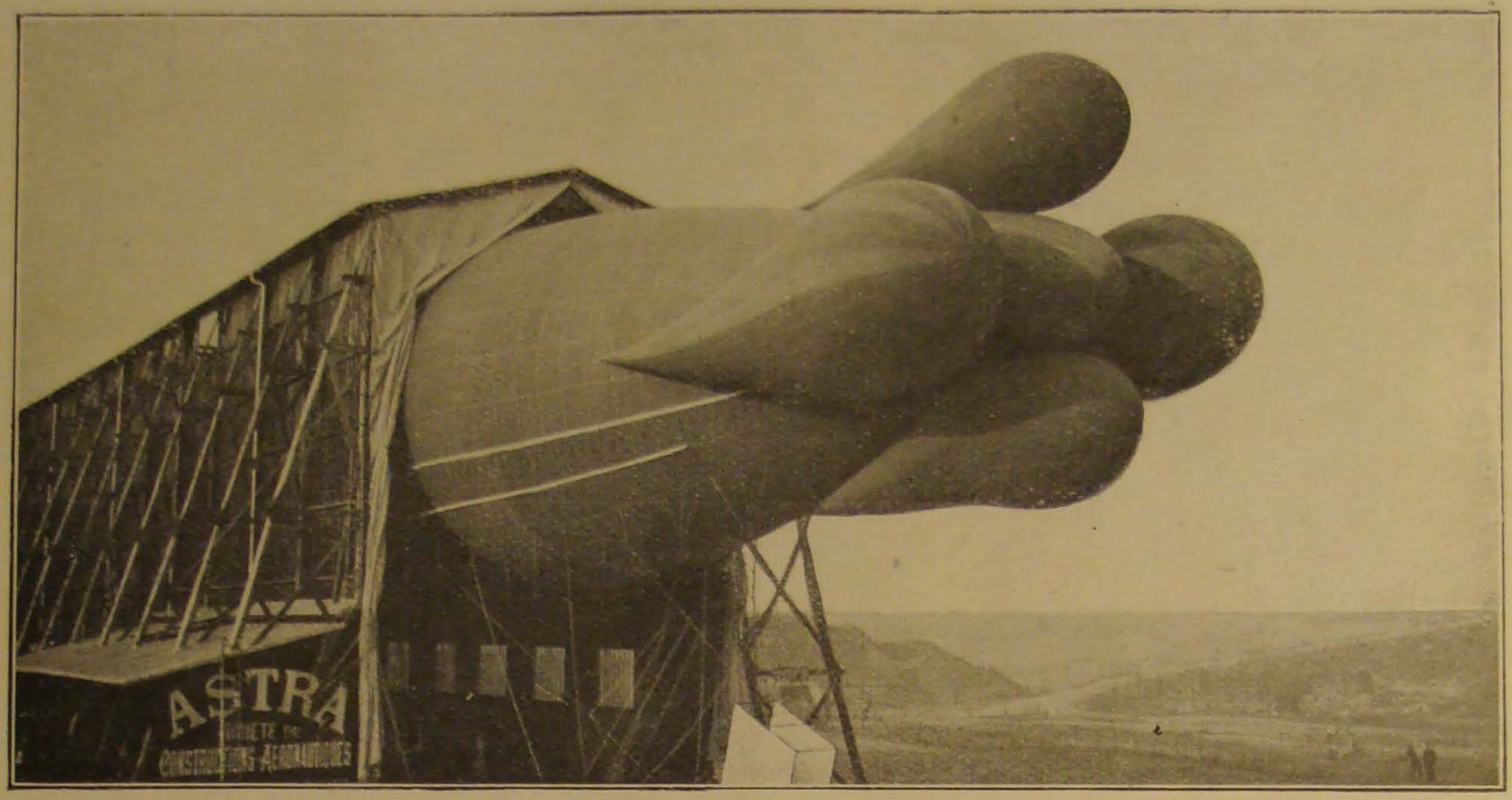
Les ballons captifs ont, en général, un but d'utilité *militaire*. Le colonel Renard avait, le premier, réalisé un système d'aérostats captifs complet avec un treuil à vapeur pour dérouler et enrouler le câble, une voiture pour fabriquer l'hydrogène et un véhicule pour transporter le ballon et ses accessoires. Ces ballons étaient sphériques et furent en usage dans l'armée. Ils rendirent d'importants services à Madagascar, au Tonkin, au Maroc.

Mais ces ballons, à cause de leur forme, ne pouvaient utilement s'élever que par des vents dont la vitesse était inférieure à 8 ou 10 mètres par seconde. Au delà de cette vitesse, la position de l'observateur dans la nacelle était intenable ; obligé de se cramponner, il ne pouvait fournir aucune observation utile.

Ces ballons sphériques furent remplacés, pendant la guerre, par les « ballons cerfs-volants » en forme de cylindres allongés, que les poilus eurent vite fait d'appeler des « saucisses » dont ils rappelaient la forme.

Les « saucisses » ont 25 mètres de longueur, 6 m. 80 de diamètre et un cube de 800 mètres cubes. Ce qui caractérise ces « saucisses », c'est un cylindre, placé à l'arrière, ouvert au vent et qui forme *gouvernail*, de façon à orienter l'appareil dans le « lit du vent ». De plus, un *ballonnet à air*, séparé du reste de l'enveloppe par une paroi d'étoffe, assure, par l'afflux du vent, une forme invariable à l'aérostat. Nous retrouverons le *ballonnet* en étudiant les ballons dirigeables. Une *soupape automatique*, placée à l'avant du ballon, fonctionne dès que la pression du gaz, devenue trop forte, comprime le ballonnet : ce fonctionnement se fait par une chaîne, attachée à l'étoffe qui forme le ballonnet, et qui est, d'autre part, reliée à la soupape.

Ces « saucisses » ont été employées avec le plus grand succès pendant la guerre. Elles pouvaient « tenir » par des vents allant jusqu'à la vitesse de 16 mètres par seconde. Elles pouvaient enlever deux personnes, du lest et des instruments.



LE DIRIGEABLE « BAYARD-CLÉMENT » RENTRANT AU HANGAR. *Pisciforme et muni à l'arrière d'un empennage constitué par des ballonnets gonflés, comme la* Ville de Paris, *cet aérostat mesurait 56 m. 25 de longueur et 10 m. 58 de diamètre.* (Cl. Branger.)

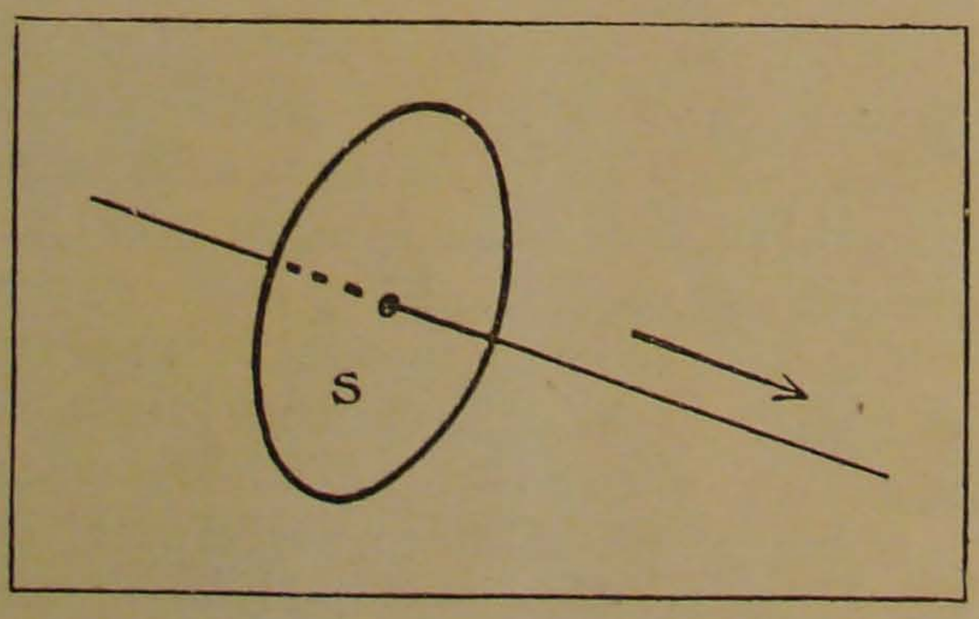
CHAPITRE III

LES BALLONS DIRIGEABLES

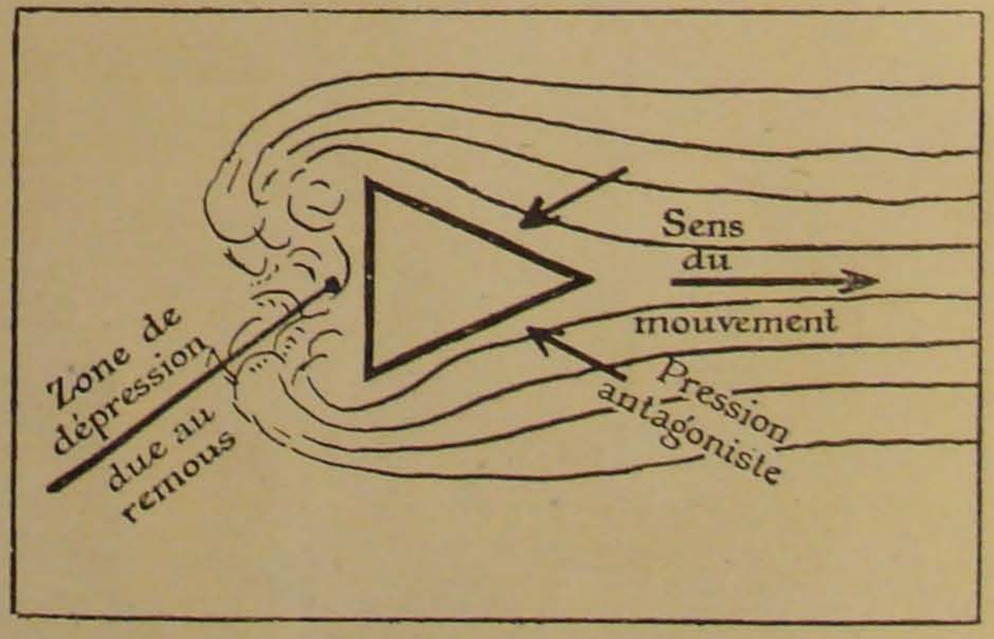
LES CONDITIONS DE DIRIGEABILITÉ. Pourquoi a-t-on mis si longtemps à pouvoir *diriger* le ballon que l'on avait réussi à élever dès 1783 ? C'est que, pour *diriger* un corps flottant, il faut que le corps possède une *vitesse propre* lui permettant de se déplacer, par ses propres moyens, dans le fluide ambiant. Une embarcation propulsée par un rameur est sensible à l'action de son gouvernail, mais que le rameur cesse de ramer, aussitôt le gouvernail est sans action et le canot est livré, passif, à l'action du courant qui l'entraîne.

Pour *diriger*, il faut donc, d'abord, *propulser* ; pour propulser, il faut un *moteur*, et ce moteur est forcément *pesant*.

L'unité de puissance mécanique est le *cheval-vapeur*, capable d'élever 75 kilogrammes à 1 mètre de hauteur en une seconde. La force de l'homme n'en représente qu'une fraction, au point que le poids du cheval-vapeur, réalisé par la seule musculature humaine, représenterait un



RÉSISTANCE DE L'AIR. *La résistance opposée par l'air à une surface qui se déplace perpendiculairement à son plan est proportionnelle à trois éléments ; étendue de la surface, carré de sa vitesse et coefficient d'une valeur moyenne de 0,125.*



ACTION D'UN REMOUS. *La forme effilée à l'arrière s'impose dans les dirigeables, sinon il se formerait là un remous déterminant une raréfaction d'air qui provoquerait une pression antagoniste à l'avant, d'où ralentissement dans la marche.*

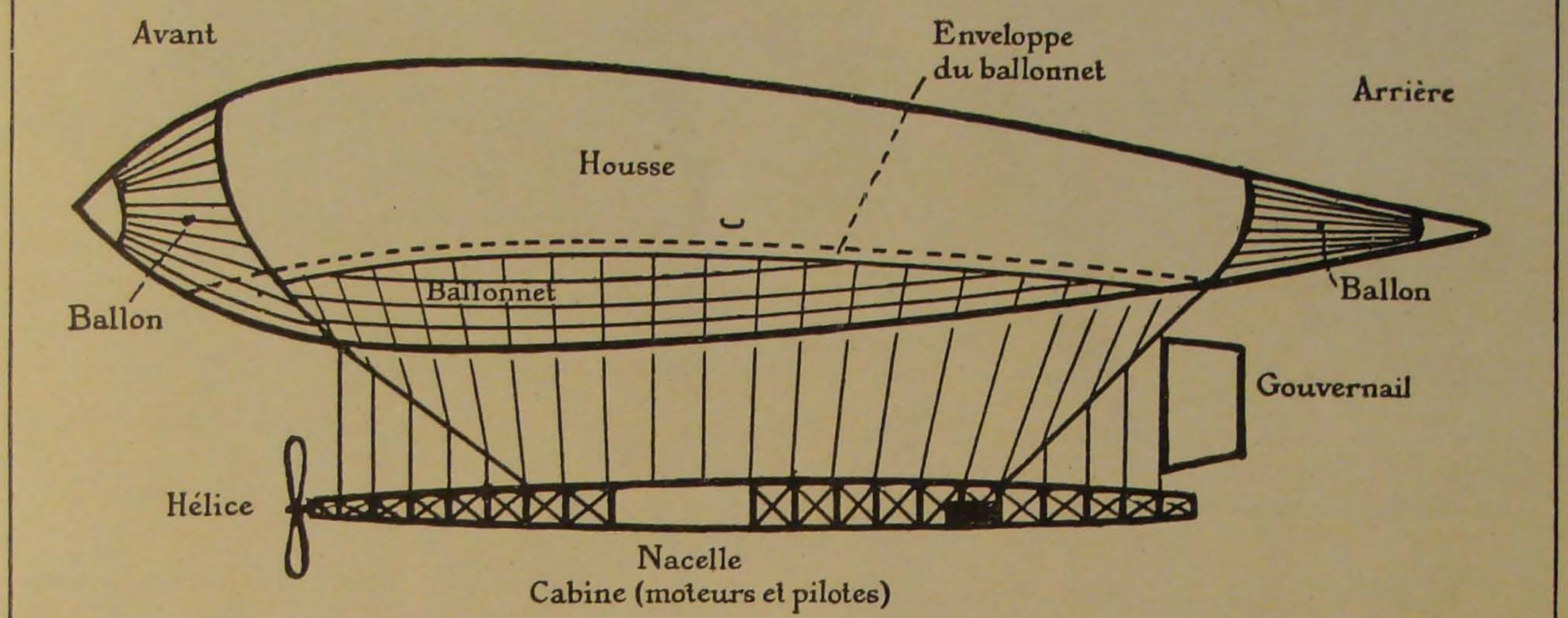
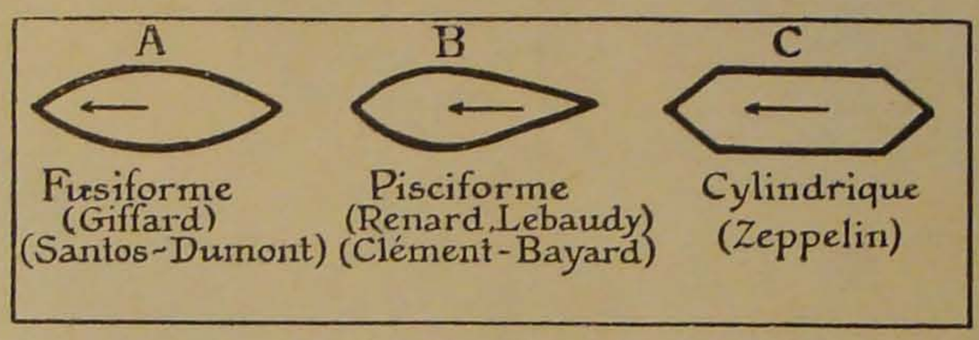
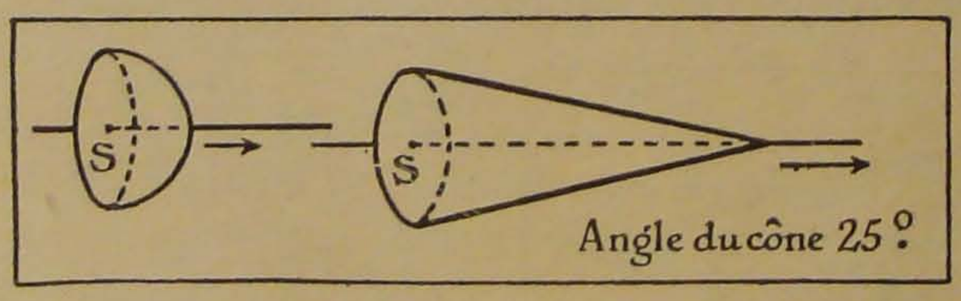


SCHÉMA DU DIRIGEABLE « FRANCE » DU COLONEL RENARD, MONTRANT LE DÉTAIL DE SES PARTIES ESSENTIELLES.

poids de plus de 1 000 kilos. Le poids du *cheval-vapeur* sous la forme de « machine à vapeur » est encore trop fort : il est au moins de 50 kilos. Le poids du cheval-vapeur, sous forme de moteur électrique alimenté par des piles légères, a été abaissé, par le colonel Renard, à 40 kilos par cheval ; c'est déjà bien, mais c'est encore trop pour la pratique courante.

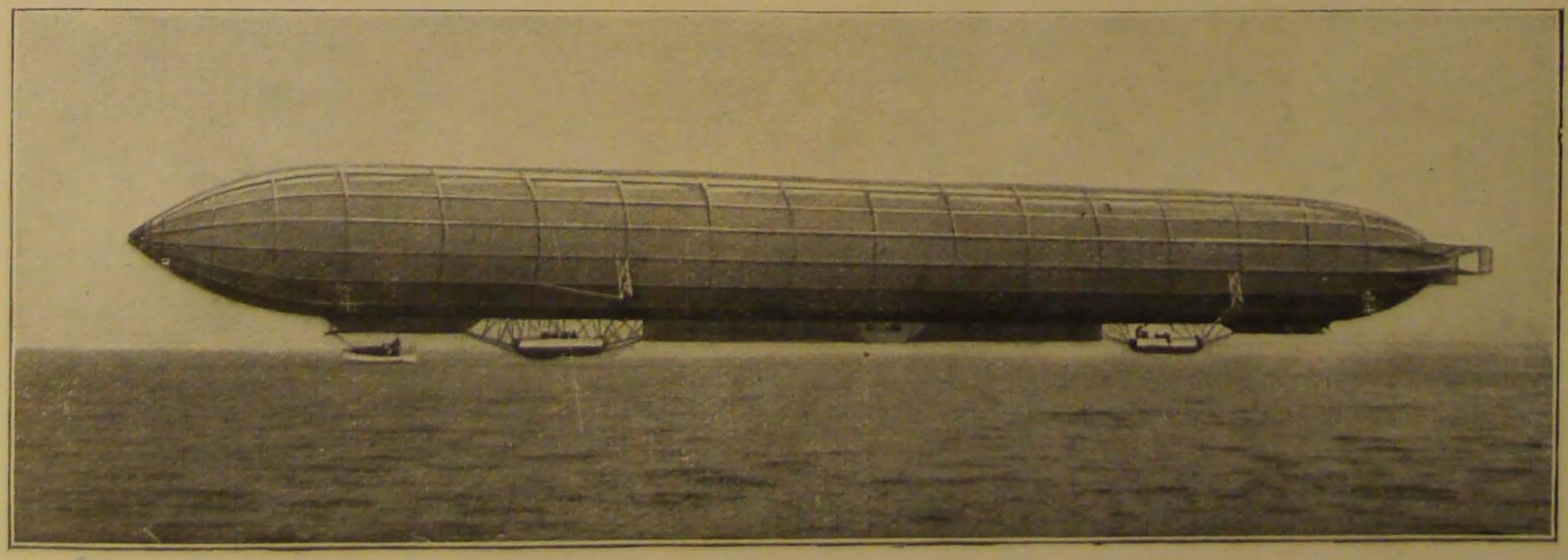


LES TROIS FORMES ADOPTÉES POUR LES DIRIGEABLES.

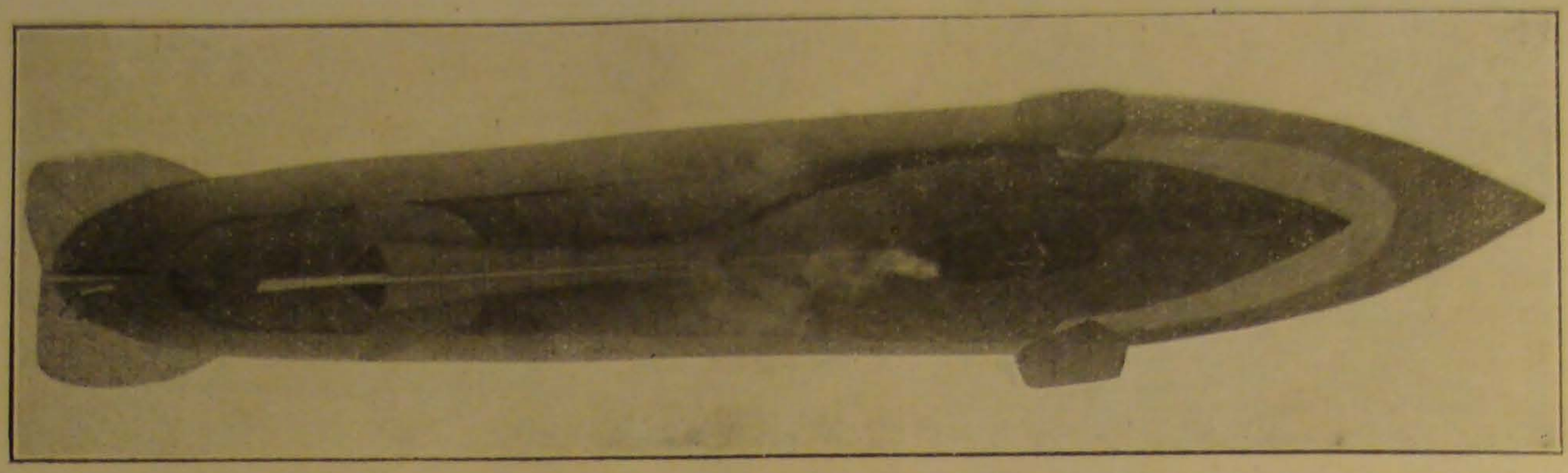


INFLUENCE DE LA FORME DE L'AVANT. *Si l'avant est de forme hémisphérique, la résistance de l'air à la vitesse de 10 mètres à la seconde sera de 25 kilogrammes ; s'il est conique, cette résistance ne sera plus que de 9 kilogrammes.*

Mais, dès 1890, un nouvel engin faisait son apparition : c'était le *moteur à explosion*, dont l'apparition provoqua la naissance et la prodigieuse extension de l'industrie automobile. Grâce à ce moteur, qui utilise l'énergie développée par l'explosion d'un mélange d'air et de vapeur d'essence minérale, enflammé par l'étincelle électrique, on est arrivé aujourd'hui à construire, pour l'aviation, des moteurs dont le poids s'abaisse à *un kilo par cheval* ! En même temps, son fonctionnement s'est amélioré au point qu'il ne comporte, pour ainsi dire, plus de « pannes ».

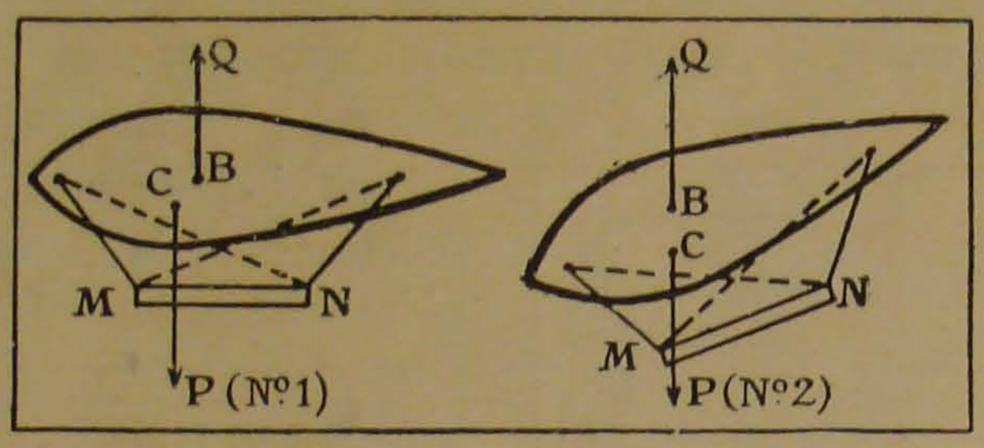


LE PREMIER DIRIGEABLE ALLEMAND « ZEPPELIN » ÉVOLUANT AU-DESSUS DU LAC DE CONSTANCE. (Cl. P.ol.)

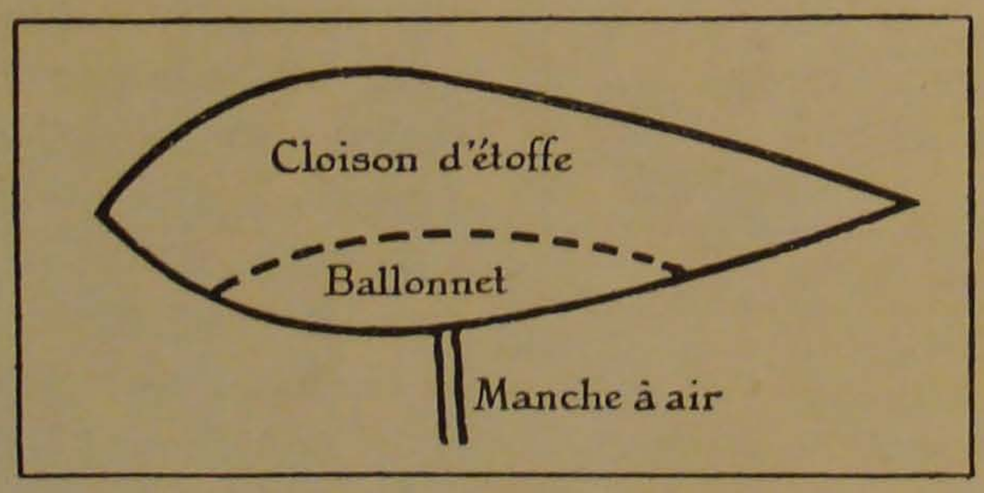


LE DIRIGEABLE « PATRIE » VU EN DESSOUS. ⌀ *Du type «semi-rigide», long de 60 mètres, le* Patrie, *qui fit sans incidents, en novembre 1907, le voyage Paris-Verdun, en sept heures, fut emporté quelques jours plus tard par une tempête. On voit le jet d'échappement du moteur, les deux gouvernails de profondeur et les empennages stabilisateurs.* (Cl. Raffaële.)

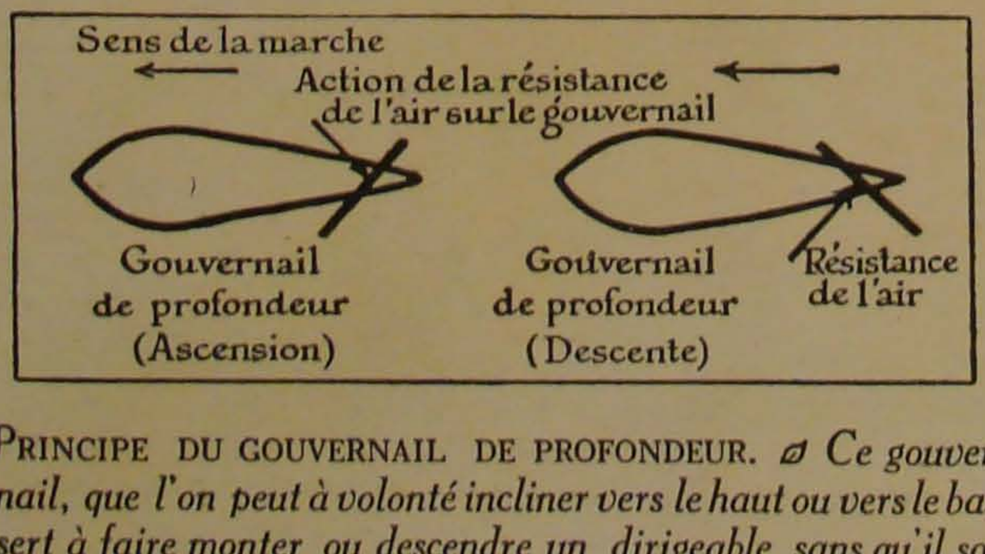
Au point de vue « moteur », le grand obstacle de la navigation aérienne est donc surmonté. Voyons maintenant les difficultés qui proviennent du « milieu » dans lequel le navire aérien est appelé à se mouvoir.



SUSPENSION A LIAISONS TRIANGULAIRES. ⌀ *Elles assurent la persistance des positions relatives de la nacelle et du dirigeable.* CP *représente le poids du ballon;* BQ, *la poussée de l'air.*

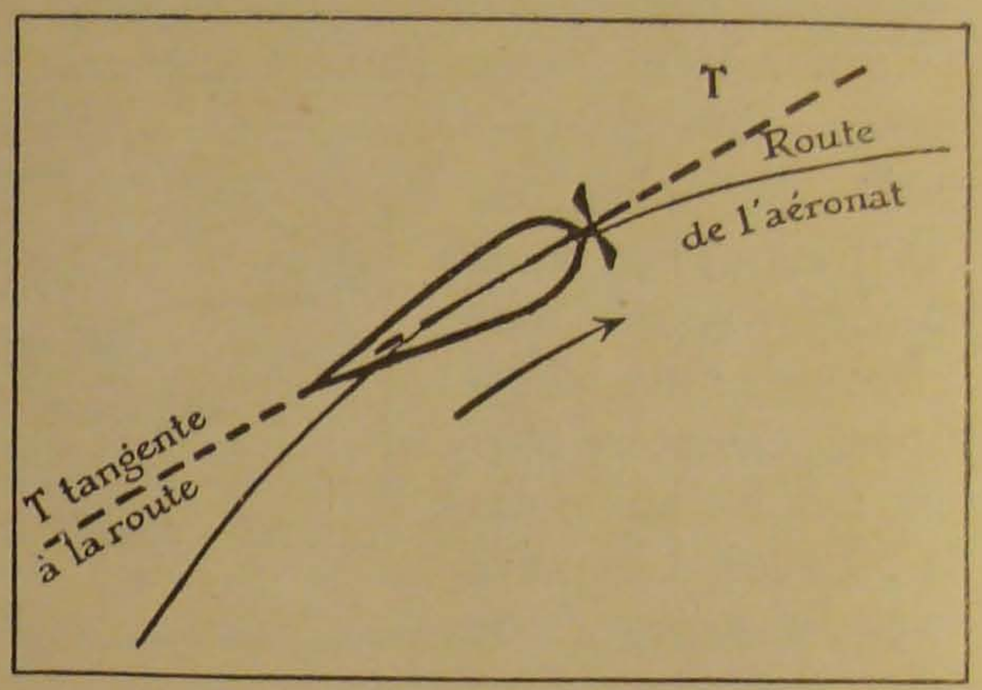


ROLE DU BALLONNET A AIR. ⌀ *Le ballonnet à air est destiné à assurer l'invariabilité de la forme extérieure d'un dirigeable et, par suite, de ses conditions d'équilibre.*

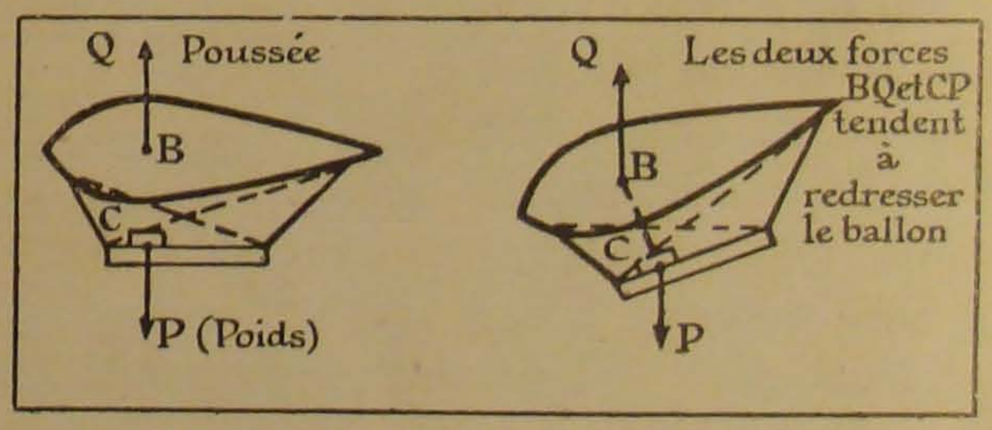


PRINCIPE DU GOUVERNAIL DE PROFONDEUR. ⌀ *Ce gouvernail, que l'on peut à volonté incliner vers le haut ou vers le bas, sert à faire monter ou descendre un dirigeable sans qu'il soit nécessaire de jeter du lest ou lâcher du gaz.*

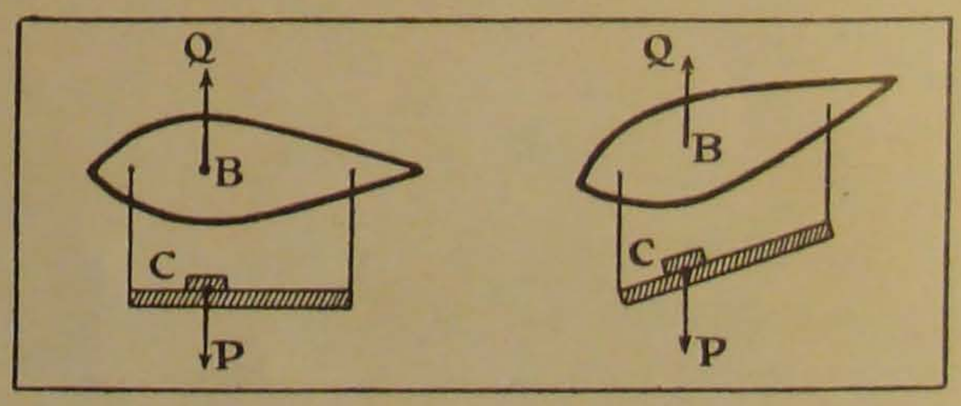
D'abord, jamais le navire aérien n'aura à marcher dans un milieu complètement immobile : il sera toujours, à raison des courants aériens, des vents qui parcourent l'atmosphère, dans les conditions d'un navire appelé



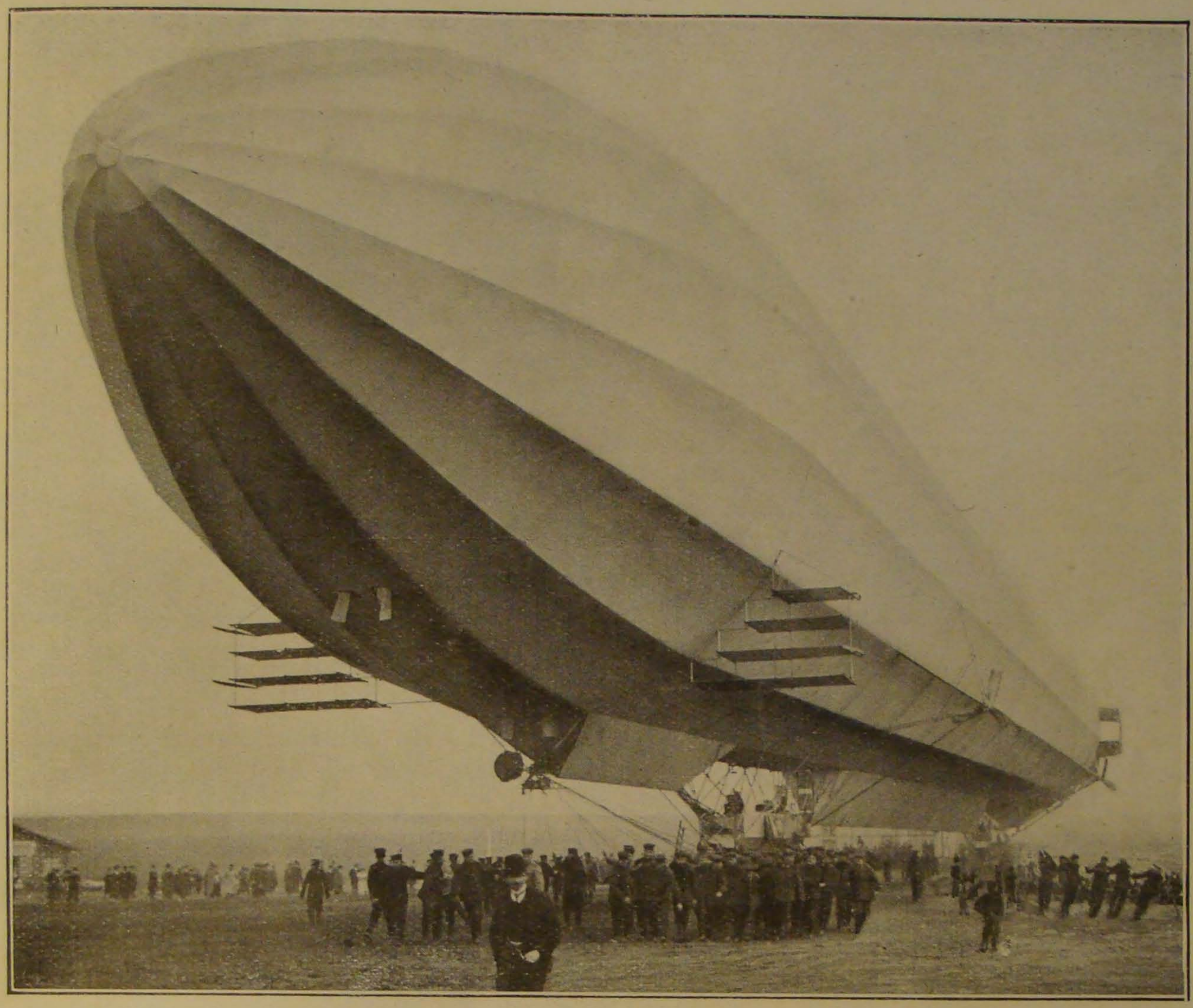
STABILITÉ DE LA ROUTE. ⌀ *Pour la réaliser, l'axe du dirigeable doit demeurer tangent à la route parcourue.*



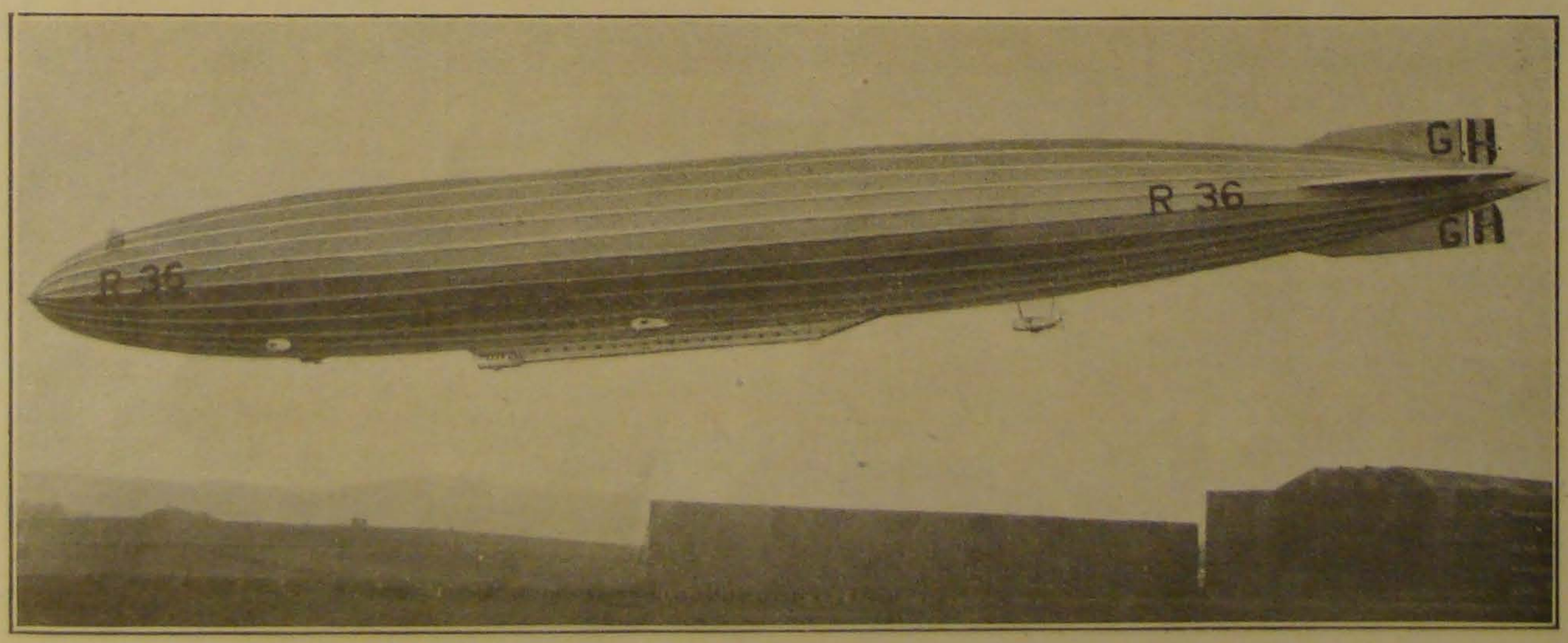
STABILITÉ LONGITUDINALE. ⌀ *Elle est assurée par des liaisons et suspensions triangulaires.*



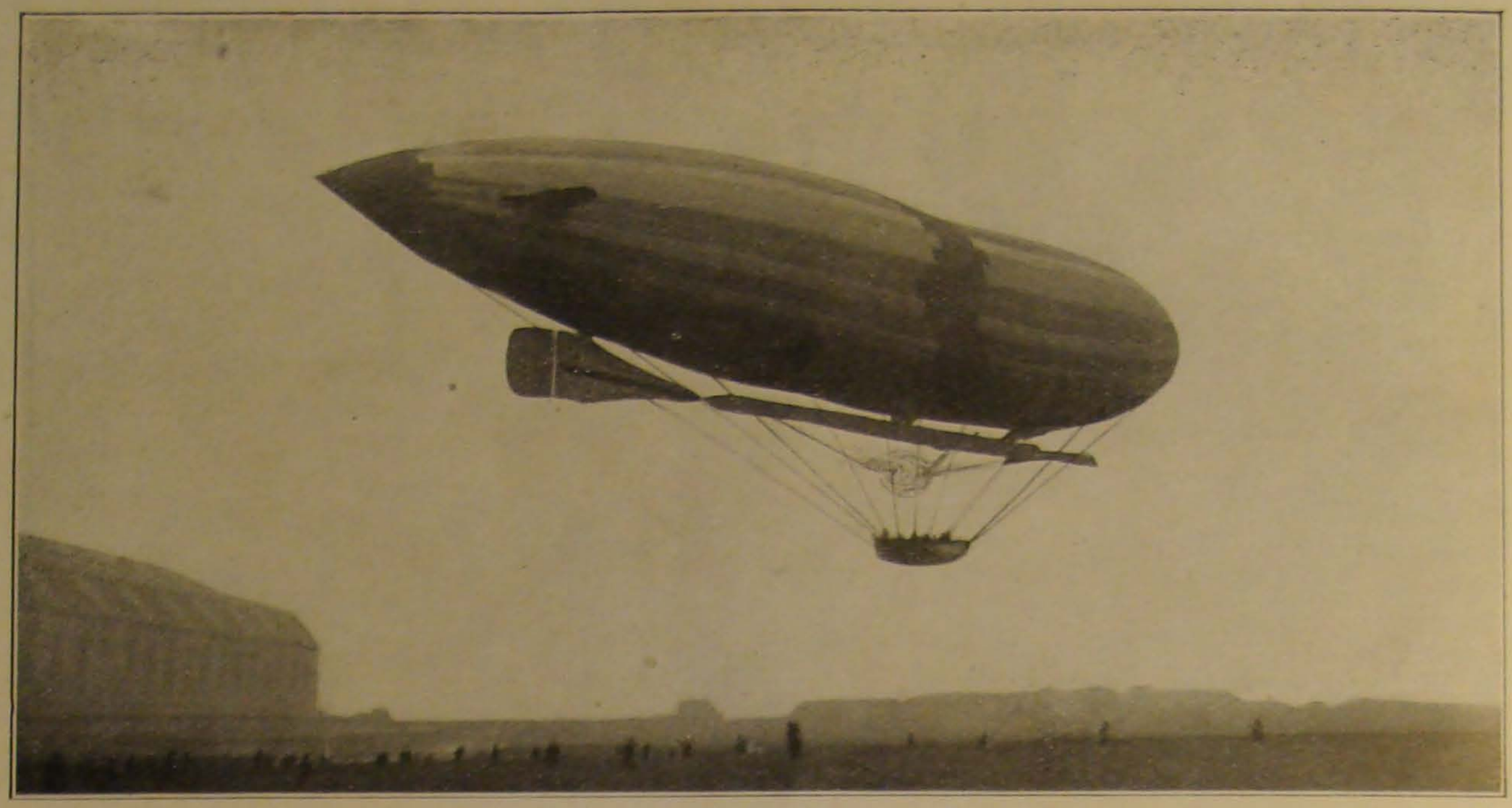
INSTABILITÉ LONGITUDINALE. ⌀ *Conséquence de liaisons et de suspensions qui seraient déformables.*



LE PREMIER GRAND DIRIGEABLE RIGIDE ALLEMAND CONSTRUIT PAR LE COMTE ZEPPELIN. *Ø 130 mètres de longueur. 11 m. 70 de diamètre, telles étaient les dimensions du premier « Zeppelin ». Sa capacité atteignait 12 000 mètres cubes. Une carcasse-charpente en aluminium, qui divisait l'aérostat en dix-sept compartiments, assurait la rigidité du dirigeable. A l'avant, les plans stabilisateurs ; dans chacun des compartiments était un ballonnet gonflé par du gaz hydrogène.*

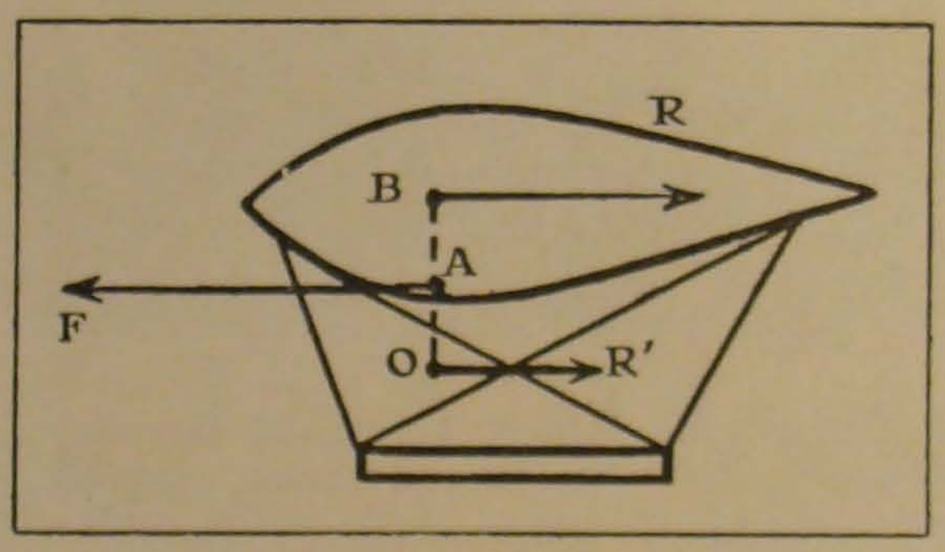


LE *R-36*, GRAND DIRIGEABLE RIGIDE DE 50 000 MÈTRES CUBES. *Ø Cette fois, la forme est celle d'un poisson. Le gros tout à l'avant (ballon pisciforme). On voit à l'arrière de l'aéronef l'empennage stabilisateur ; sous le dirigeable s'étend une longue nacelle appliquée tout à fait contre l'enveloppe.* (Cl. Rol.)

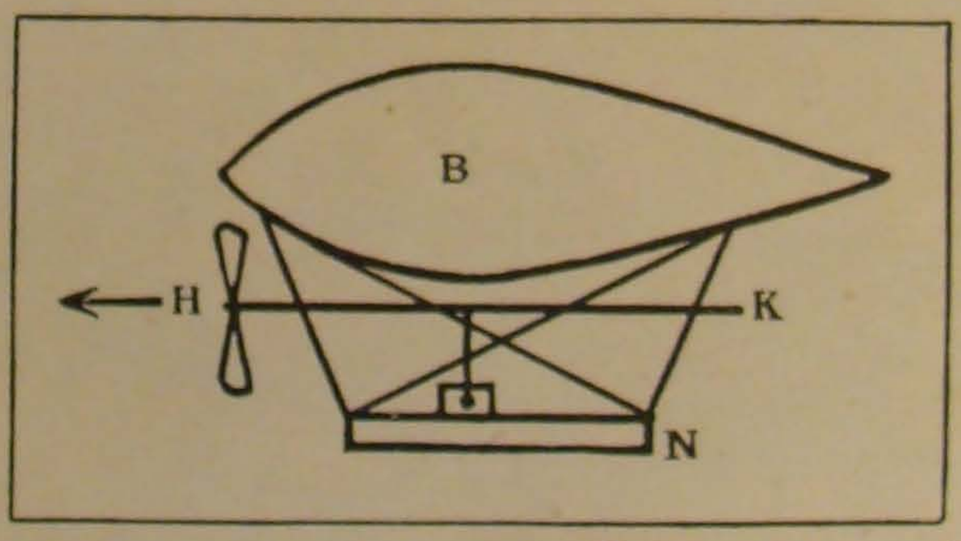


LE « PARSEVAL ». ø *Dirigeable souple construit avant la guerre d'après les plans de l'officier allemand von Parseval* (Cl. Rol.)

à naviguer contre le courant d'un fleuve. Il faut donc, de toute nécessité, que le ballon que l'on veut « diriger » possède une *vitesse propre*, lui permettant de lutter contre les vents les plus violents qu'il peut être appelé à rencontrer. Or, ceux-ci ont souvent des vitesses considérables. Dès que le vent « fraîchit », sa vitesse est de 10 à 15 mètres à la seconde, ce qui représente de 36 à 56 kilomètres à l'heure ; et, dans les tempêtes, la vitesse du vent atteint vite des valeurs doubles des précédentes, soit 72 à 100 kilomètres à l'heure. Il est donc de toute nécessité que les moteurs et l'hélice des dirigeables puissent imprimer à l'enveloppe qui les supporte une vitesse au *moins égale* aux vitesses ci-dessus.



POINT D'APPLICATION *réel de la force motrice dans un dirigeable, pour vaincre symétriquement la résistance de l'air.*



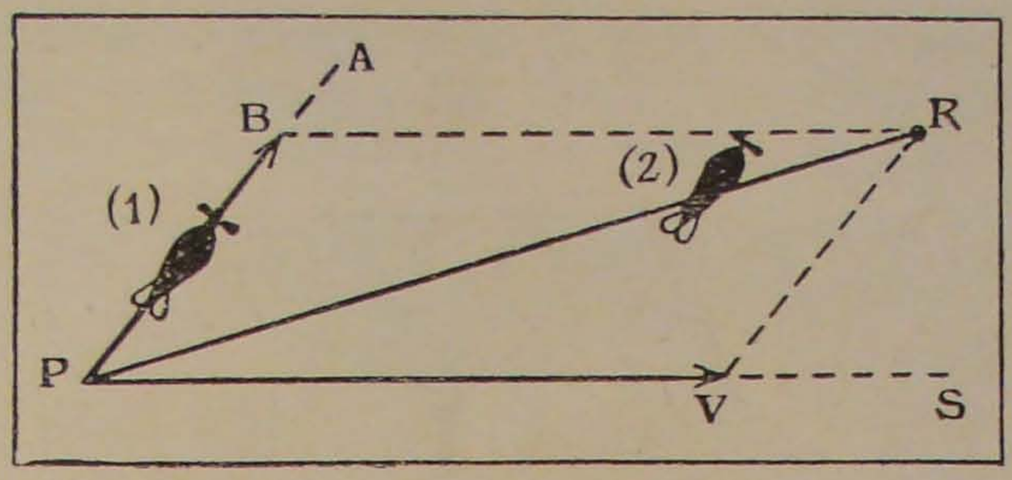
INSTALLATION RATIONNELLE *de l'hélice permettant de réaliser la conception de la figure précédente*

LA RÉSISTANCE DE L'AIR. ø

ø Mais l'air, en sa qualité de milieu *matériel*, est en même temps un milieu *résistant* : « La résistance opposée par l'air au mouvement d'un élément de surface qui se déplace perpendiculairement à son plan est proportionnelle à l'étendue de cette surface, au *carré* de la vitesse dont elle est animée et à un *coefficient* numérique que l'on appelle la *constante* de la résistance. » (1) La valeur de ce *coefficient* est encore incertaine. Les marins, avec leur expérience, plusieurs fois séculaire, de la navigation à voiles, en ont fixé la valeur à 0,125, ce qui veut dire qu'un vent d'*un mètre par seconde* exerce sur une surface d'*un mètre carré* perpendiculaire à sa direction un effort de 125 grammes. Les expérimentateurs modernes ont trouvé pour K (Voir note 1) des valeurs comprises entre 0,08 et 0,16.

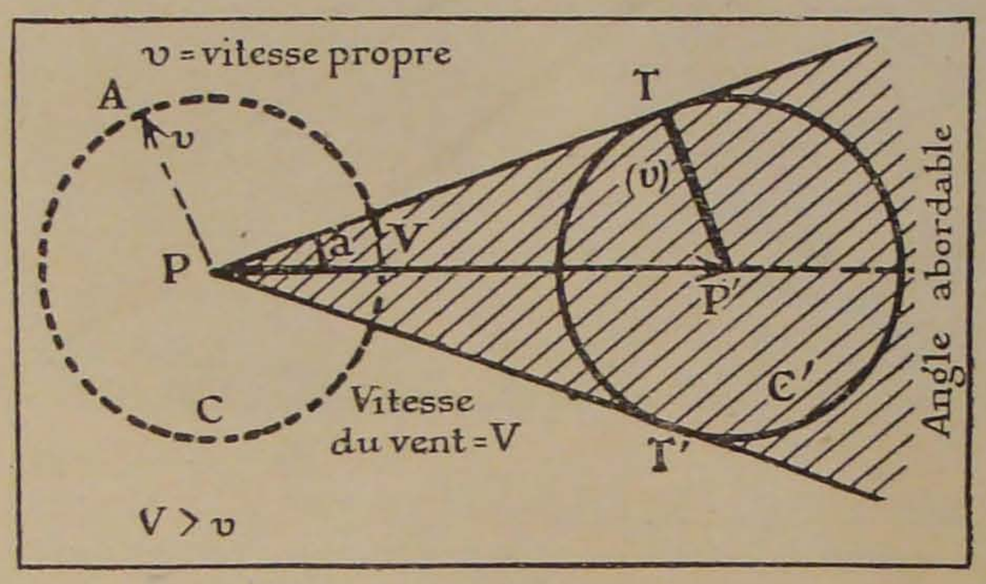
(1) La *formule* simple qui traduit cette loi est la suivante : $R = KSV^2$, K étant la *constante*, S la valeur de la *superficie* en mètres carrés, et V la vitesse en mètres par seconde.

Quand l'élément qui se déplace est précédé d'une « proue », c'est-à-dire d'une surface qui « écarte » les molécules d'air, comme un cône ou une demi-sphère, la résistance diminue. Prenons une planche de 4 mètres carrés, se déplaçant dans le sens perpendiculaire à sa surface avec la vitesse de 10 mètres par seconde : la résistance opposée par l'air à son mouvement sera de 50 kilos ; mais, si elle est précédée d'une proue en forme de demi-sphère, cette résistance ne sera plus que de 25 kilos et tombera même à 9 kilos pour une proue ayant la forme d'un cône dont l'angle serait de 25 degrés.



EFFETS COMBINÉS DE LA VITESSE DU VENT ET DE LA VITESSE PROPRE D'UN DIRIGEABLE. *Le dirigeable part de P dans la direction PA ; PB est sa vitesse propre. Le vent souffle selon PS avec une vitesse PV. L'aéronef marche selon PR.*

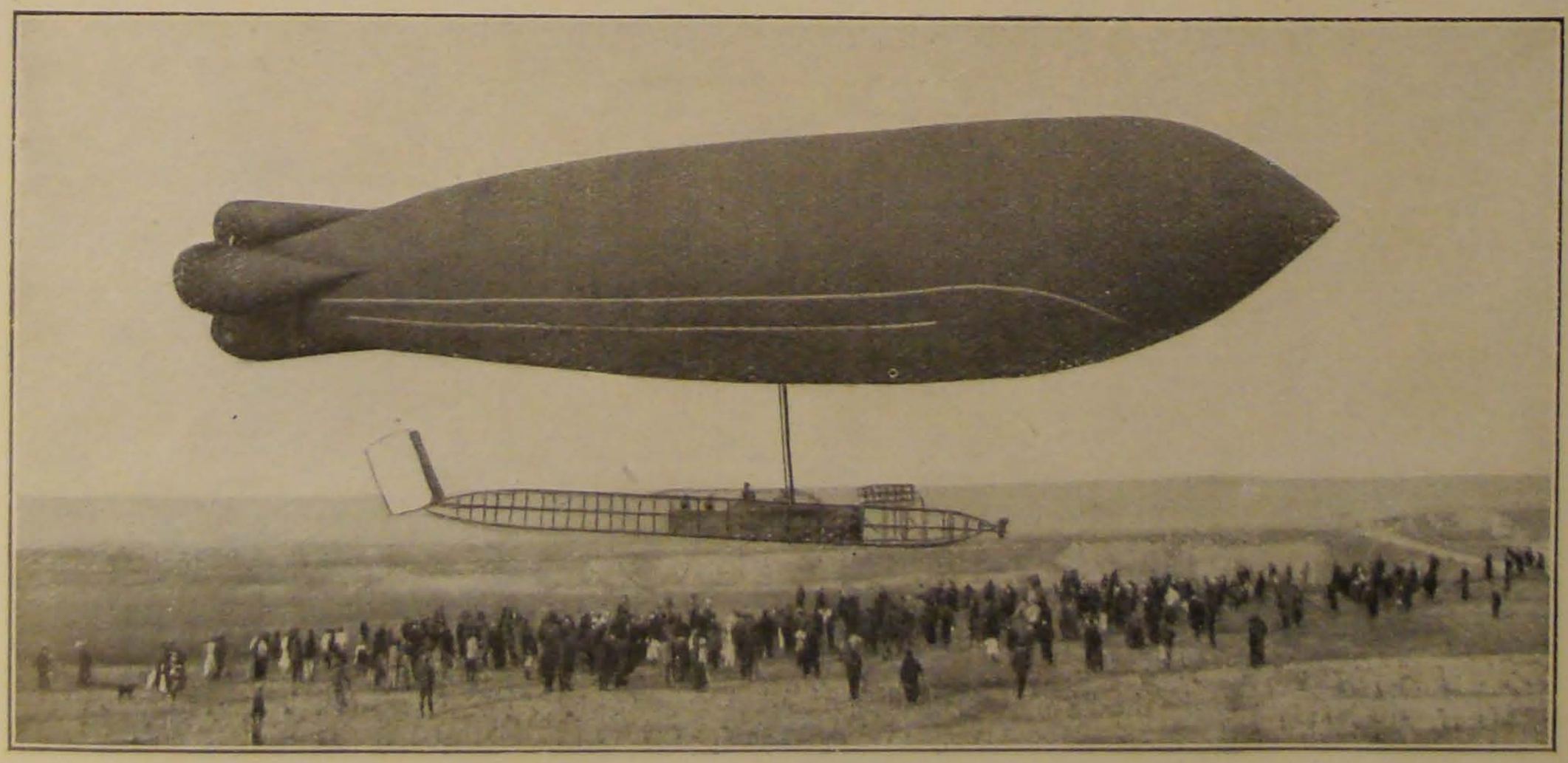
Non seulement la forme de l'*avant* du corps mobile a de l'importance, mais encore celle de l'*arrière* : il faut que celui-ci, par son profil, permette aux molécules d'air de se rejoindre « naturellement » en glissant le long des parois, au lieu de se réunir « tumultueusement » en formant des remous qui représentent une perte d'énergie (fig. de la p. 18). C'est pourquoi, dès le commencement du XIX^e^ siècle, Marey-Monge avait pressenti la forme à donner à un navire aérien : Il faut, disait-il, qu'il ait « la tête d'une morue et la queue d'un maquereau ». De là cette forme de « poisson » à laquelle le colonel Renard dut le succès de son dirigeable le *France*, en 1885 ; de là le mauvais rendement des premiers *Zeppelins*, qui étaient cylindriques. La terminaison de l'arrière *en pointe* est indispensable.



CAS OU LA VITESSE PROPRE EST INFÉRIEURE A CELLE DU VENT. *L'aérostat ne peut alors se diriger que dans un certain secteur, d'autant plus ouvert que sa vitesse propre est plus grande. P marque le point de départ du dirigeable.*

L'AVANTAGE DES GROS CUBES.

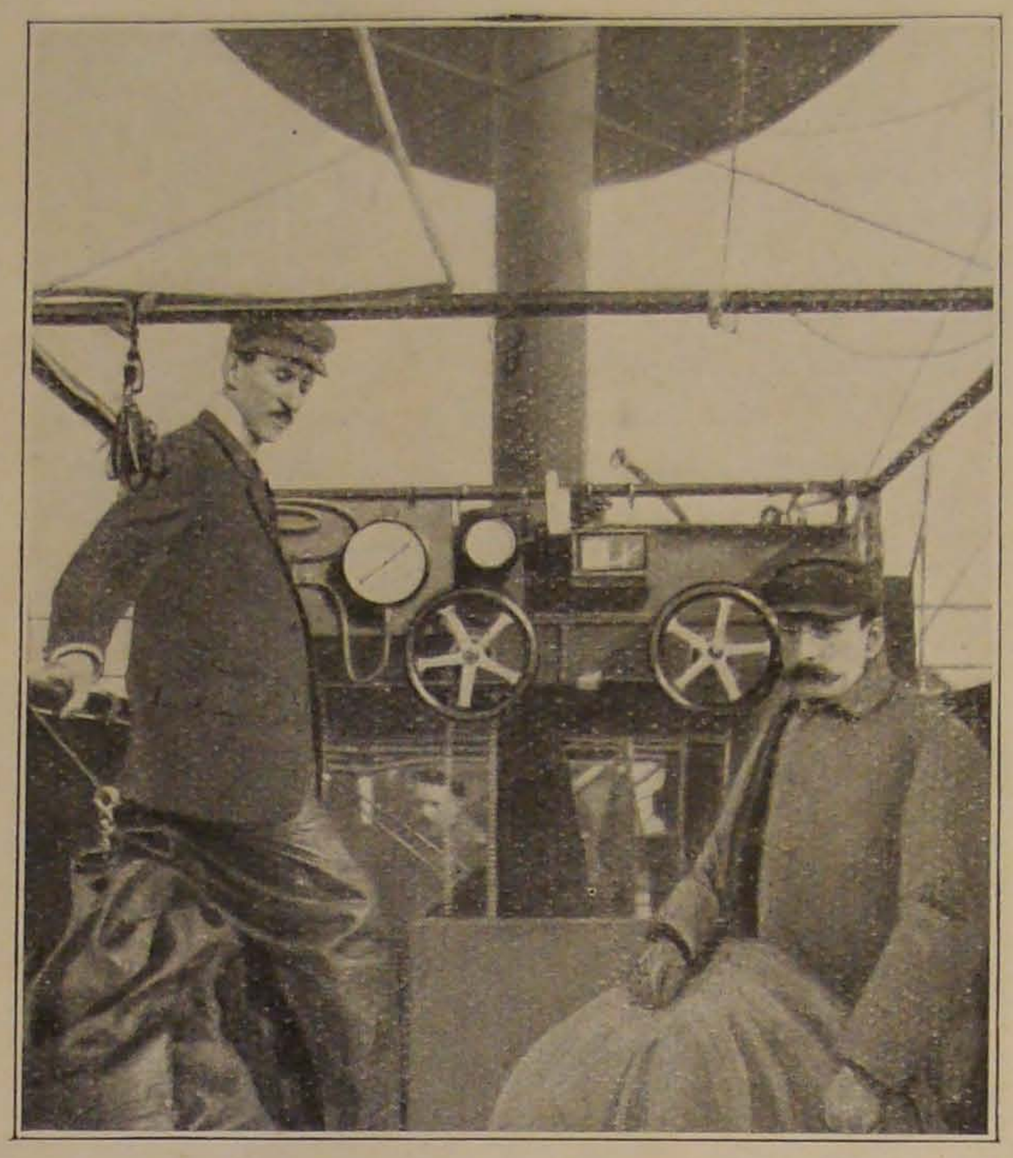
Par l'effet de la résistance de l'air, les ballons de gros volume, de « gros cubes », comme on dit, seront *avantagés* par rapport aux ballons plus petits. Prenons, en effet, un ballon ayant la forme



LE DIRIGEABLE « BAYARD-CLÉMENT ». *L'aérostat va quitter Sartrouville où est construit son hangar ; on aperçoit à son arrière les ballons d'empennage, et à l'arrière de la nacelle le gouvernail de direction.* (Cl. Branger.)

d'une boîte à cigares, de 5 mètres de longueur, d'un mètre carré de surface de base : son volume sera de 5 mètres cubes, sa force ascensionnelle sera sensiblement de 5 kilos et, en admettant qu'on eût un moteur pesant *un kilo* par cheval, il pourra enlever un moteur de 5 chevaux.

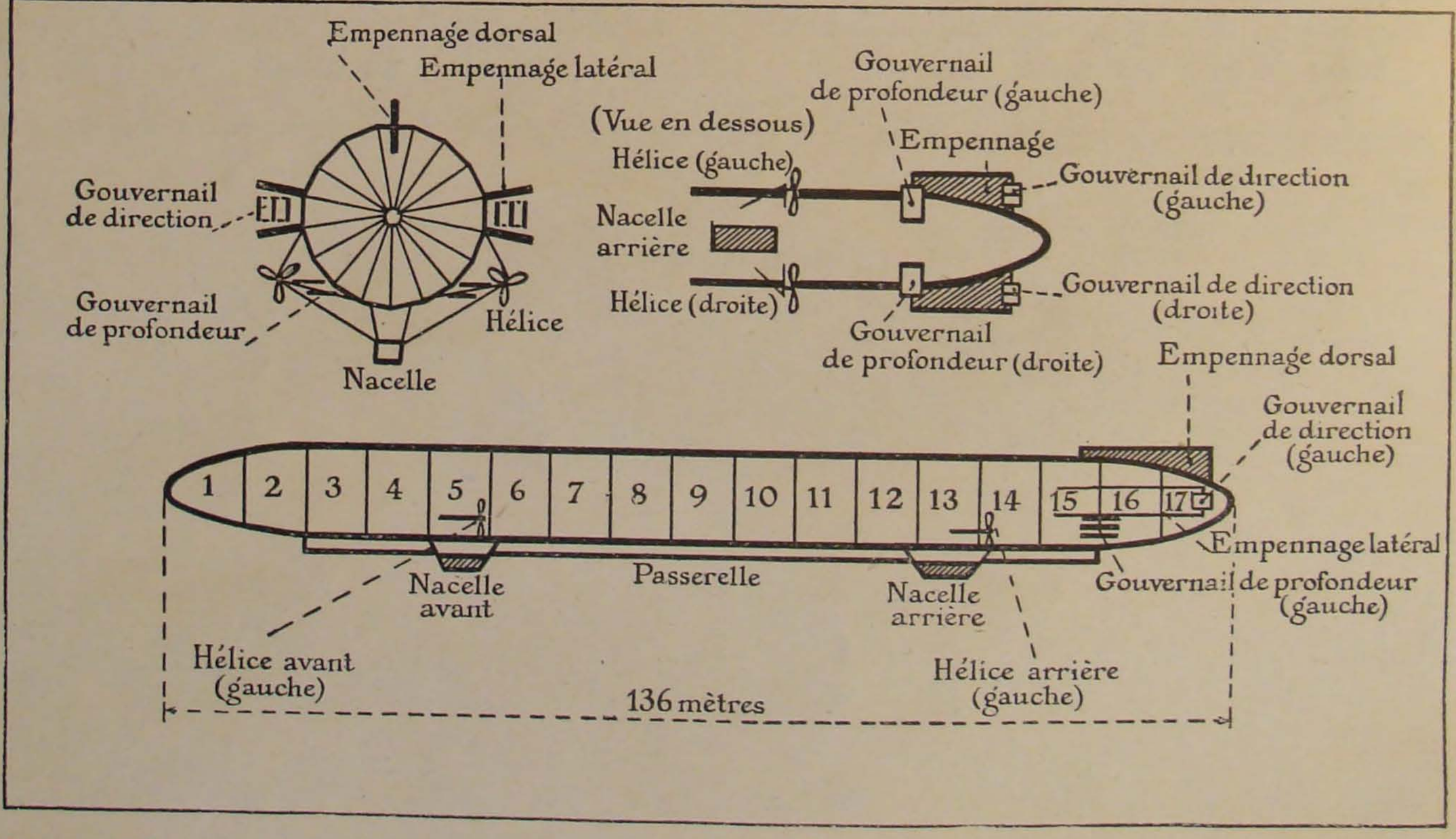
Doublons maintenant toutes ses dimensions : sa base sera un carré dont le côté sera de 2 mètres au lieu d'un : elle aura donc 4 mètres carrés ; sa longueur sera de 10 mètres au lieu de 5 ; son *volume* sera donc de *40 mètres cubes au lieu de 5*, c'est-à-dire qu'il sera *multiplié par 8*, alors que la base sur laquelle s'exerce la résistance de l'air sera seulement *multipliée par 4*. Le nouveau ballon pourra enlever un moteur de 40 chevaux au lieu de 5. Il aura donc 10 chevaux par mètre carré de surface résistante, alors que le ballon plus petit, « semblable », n'a que 5 chevaux pour la même surface. L'avantage est ainsi aux gros ballons. On peut déduire de là que *la force nécessaire pour communiquer à un même ballon des vitesses croissantes augmente proportionnellement au cube de la vitesse cherchée.*



LA PASSERELLE DU « BAYARD-CLÉMENT ». *On voit les organes de manœuvre et les instruments d'observation ; baromètre indiquant l'altitude, manomètre donnant la pression du gaz intérieur.* (Cl. Branger.)

LE RAYON D'ACTION.

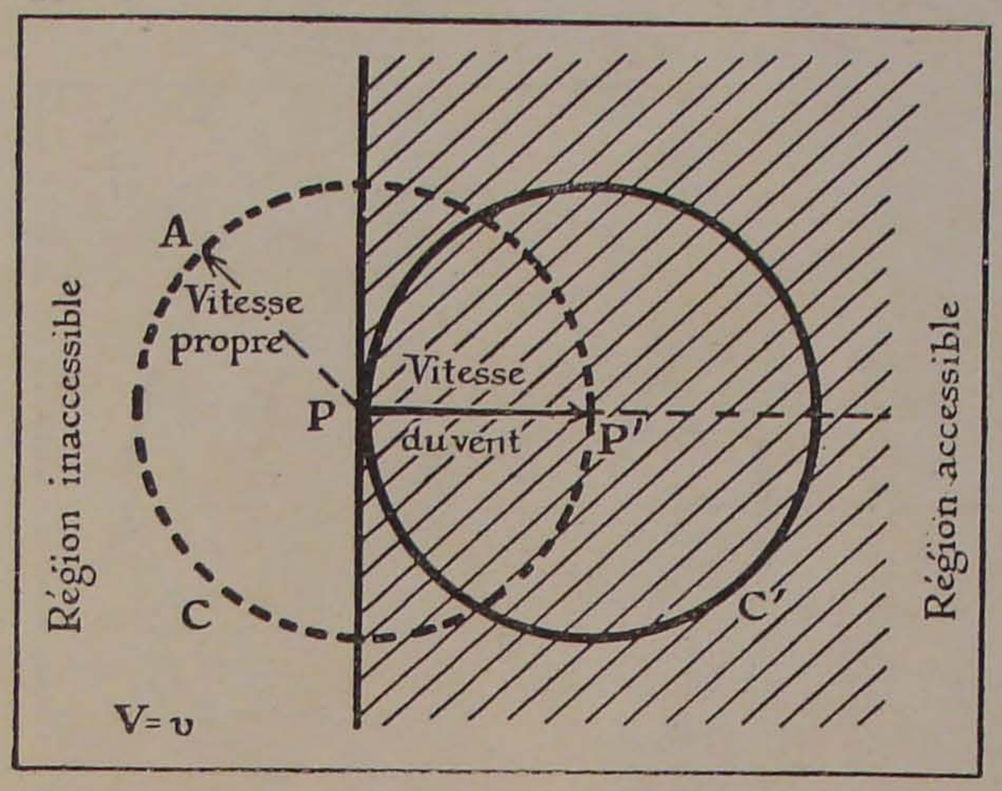
Un ballon dirigeable est destiné à faire des voyages : il faut donc qu'il puisse les faire aussi longs que possible. La loi du cube de la vitesse va intervenir pour fixer le « rayon d'action » d'un dirigeable. Soit un dirigeable de 3000 mètres cubes, marchant à 60 kilomètres à l'heure, à l'aide de deux moteurs de 60 chevaux chacun. Ces moteurs consomment ensemble 60 kilos



COUPE SCHÉMATIQUE D'UN DIRIGEABLE DU TYPE « ZEPPELIN » *montrant les détails de construction de la carcasse rigide dtvisée en dix-sept compartiments, des empennages et des gouvernails, la disposition des nacelles et de la passerelle.*

d'essence à l'heure. Avec les passagers, ce ballon peut emporter 600 kilos d'essence, ce qui fait dix heures de marche à raison de 60 kilomètres à l'heure ; étant donné qu'il doit *revenir* à son garage, cela représente une randonnée possible de 300 kilomètres, qui définissent son *rayon d'action*.

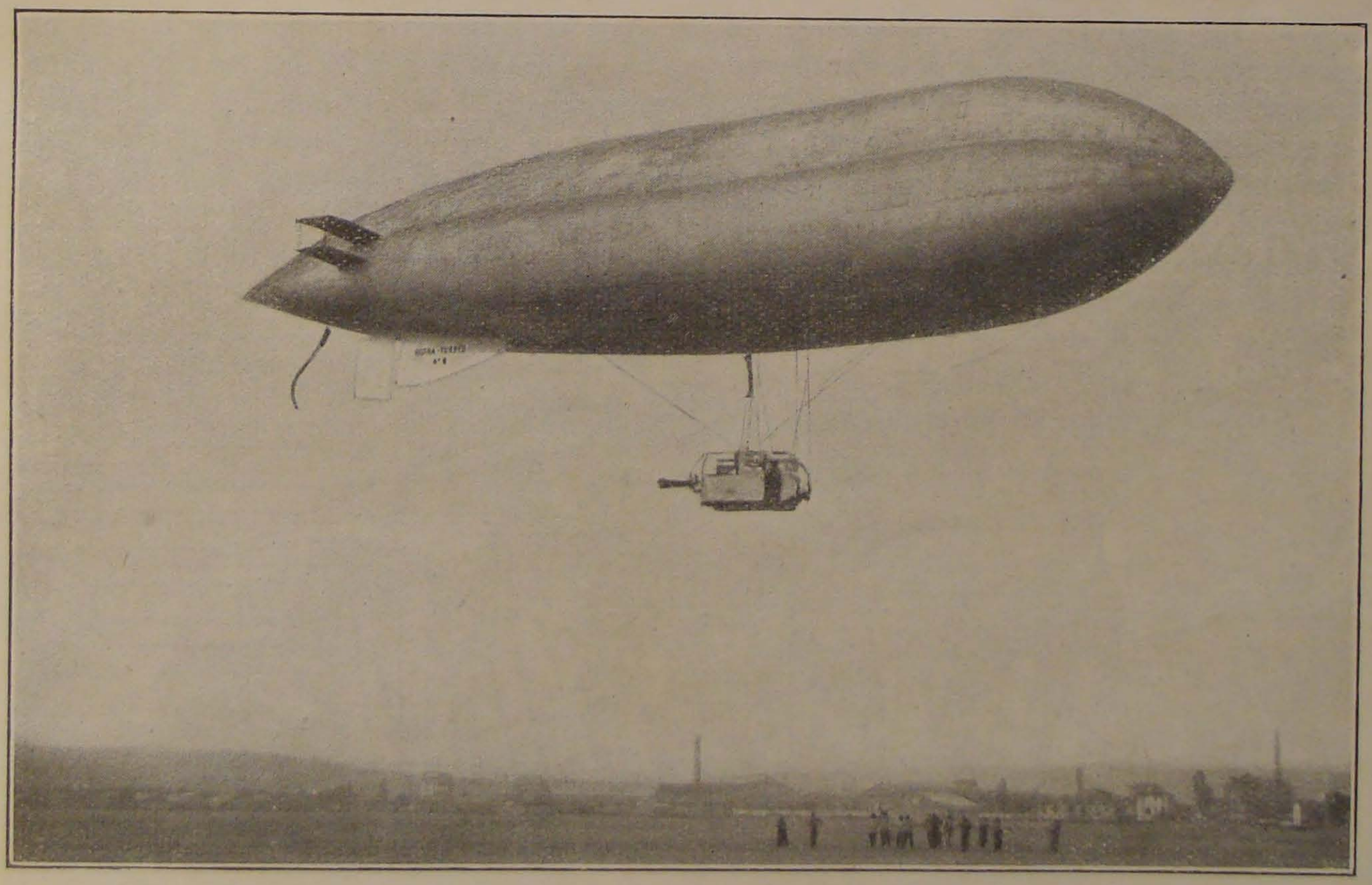
Faisons marcher *un seul* des deux moteurs : par suite de la loi du cube de la vitesse, celle-ci sera divisée par la racine cubique de 2, c'est-à-dire par 1,25 : elle sera donc de 48 kilomètres à l'heure. Mais le moteur unique ne consomme plus que 30 kilos d'essence à l'heure, et il y en a 600 à bord : le ballon aura donc *vingt heures de marche* possible, dix pour aller, dix pour revenir. Il pourra donc parcourir dix fois 48 kilomètres, c'est-à-dire que *son rayon d'action passera de 300 à 480 kilomètres*. On voit donc combien *la vitesse coûte cher*.



CAS OU LA VITESSE PROPRE EST ÉGALE A CELLE DU VENT. *Alors le dirigeable peut évoluer dans une moitié de l'espace « sous le vent ». P marque le point de départ de l'aérostat.*

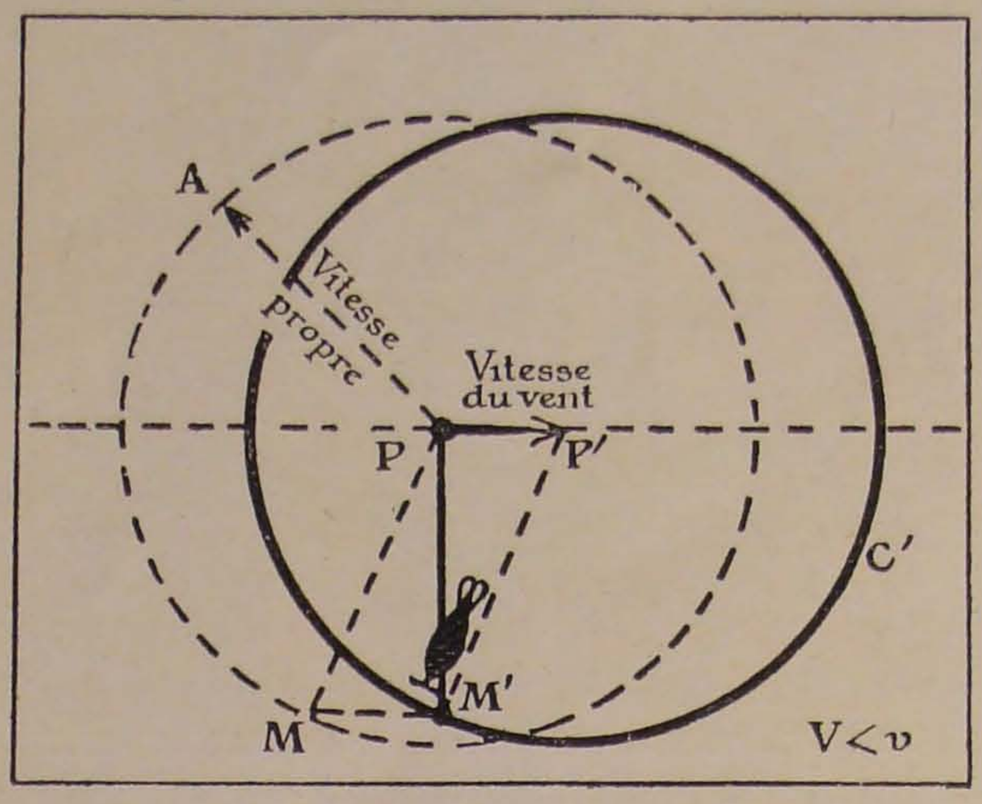
LES CONDITIONS D'ÉQUILIBRE. LA STABILITÉ.

Le *poids* du ballon, avec ses accessoires, doit être équilibré par la poussée de l'air. Le poids est appliqué au *centre de gravité* ; la poussée agit en un point appelé le *centre de poussée*. Ces deux forces tendent naturellement à se placer dans le prolongement l'une de l'autre pour réaliser l'*équilibre* du ballon. Il faut donc répartir les charges le long de la nacelle pour obliger l'aérostat à



UN DIRIGEABLE « ASTRA-TORRÈS » DU SERVICE DE L'AVIATION MARITIME. *Les dirigeables « Astra-Torrès », qui sont trilobés, c'est-à-dire formés de trois éléments de cylindres longitudinaux, ont une capacité variant entre 8 000 et 23 000 mètres cubes. L'un d'eux, pourvu de deux moteurs, donnant ensemble 1 000 chevaux, atteint une vitesse de 90 kilomètres à l'heure.*
(Cl. Rol.)

conserver une direction horizontale. Mais ce n'est pas tout : l'équilibre au *repos* ne suffit pas. Il faut que le ballon soit en équilibre *pendant sa marche*, c'est-à-dire qu'il n'ait ni *tangage* ni *roulis*. Le moyen qu'emploient les ballons libres, consistant à jeter du lest ou à lâcher du gaz, ne suffit plus : il faut tenir compte de la *résistance* exercée par l'air sur le ballon en marche, résistance qui dépend des dimensions et de la *forme* de l'enveloppe. Si nous lâchions du gaz, cette enveloppe deviendrait flasque ; sa forme changerait et le point d'application de la résistance se déplacerait, chose qu'il faut éviter.



LA VITESSE DU BALLON EST SUPÉRIEURE A CELLE DU VENT.
Tout l'espace devient accessible à l'aérostat.

LE BALLONNET A AIR. On remédie à ces inconvénients par un artifice dû au général Meusnier, qui l'imagina en 1784, un an après les essais de Montgolfier : c'est le *ballonnet à air*.

Pour maintenir constante la forme extérieure du ballon, on envoie, à l'aide d'une pompe, de l'air dans un *ballonnet* constitué par une cloison intérieure d'étoffe, susceptible de se déformer. En envoyant de l'air dans ce *ballonnet*, on conserve à l'aérostat l'intégrité de sa forme extérieure et, par suite, de ses conditions d'équilibre.

L'invariabilité de la forme extérieure peut être assurée d'une autre manière par l'emploi de dirigeables *rigides*, comme les *Zeppelins*, dont l'enveloppe à hydrogène, fractionnée en plusieurs ballons « élémentaires », est renfermée dans une carcasse rigide en tubes d'aluminium recouverte de toile.

LES GOUVERNAILS DE PROFONDEUR. Pour réaliser cet « équilibre de route » et pour pouvoir monter ou descendre à volonté sans jeter de lest ni lâcher de gaz, on a recours aux *gouvernails de profondeur*. Ce sont des plans mobiles autour d'un axe horizontal, et que l'on peut à volonté incliner vers le haut ou vers le bas. Si on les incline vers le haut, la résistance de l'air se traduit par une poussée sur la queue de l'appareil, et le ballon, s'inclinant vers le haut, remonte. Les incline-t-on au contraire vers le bas ? La poussée due à la résistance de l'air sur ces plans mobiles tend à relever la queue du

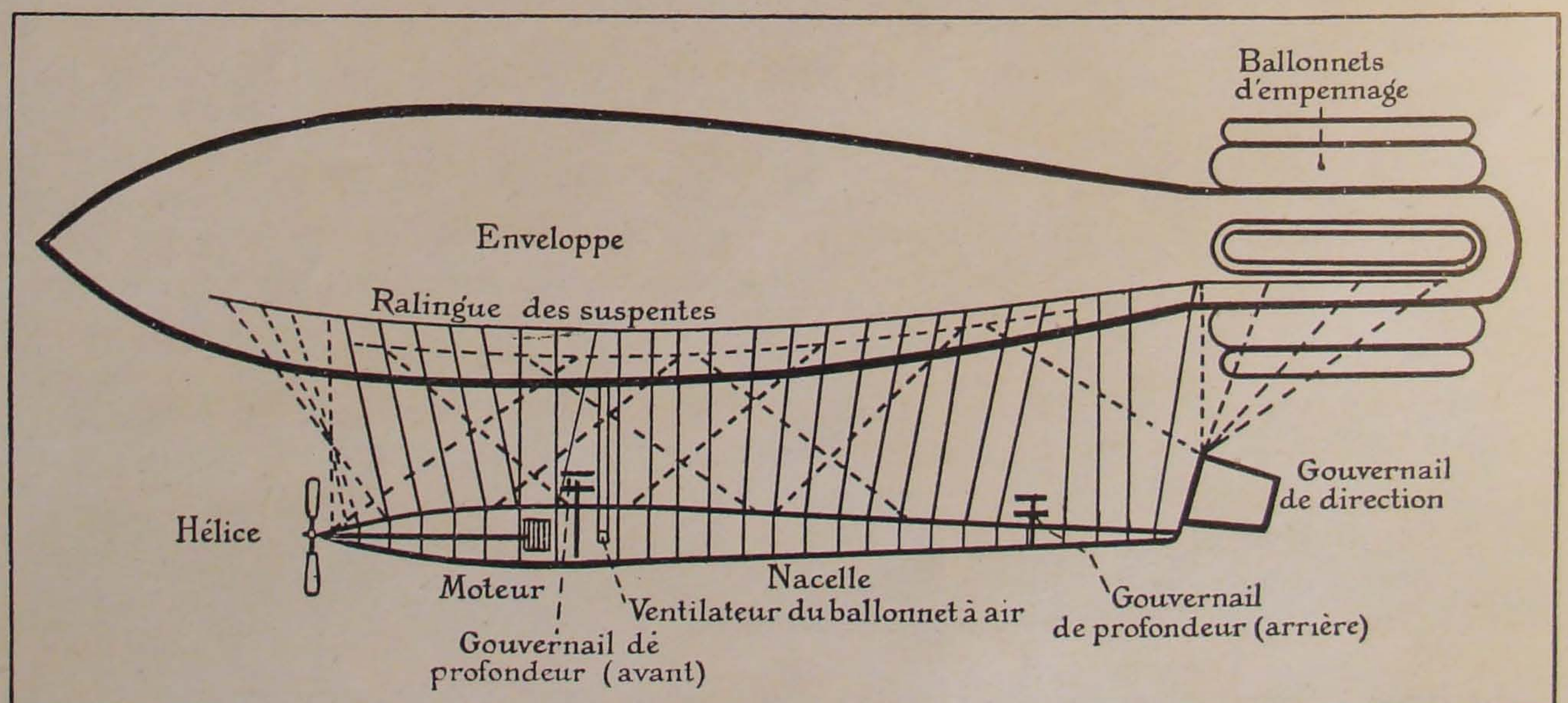
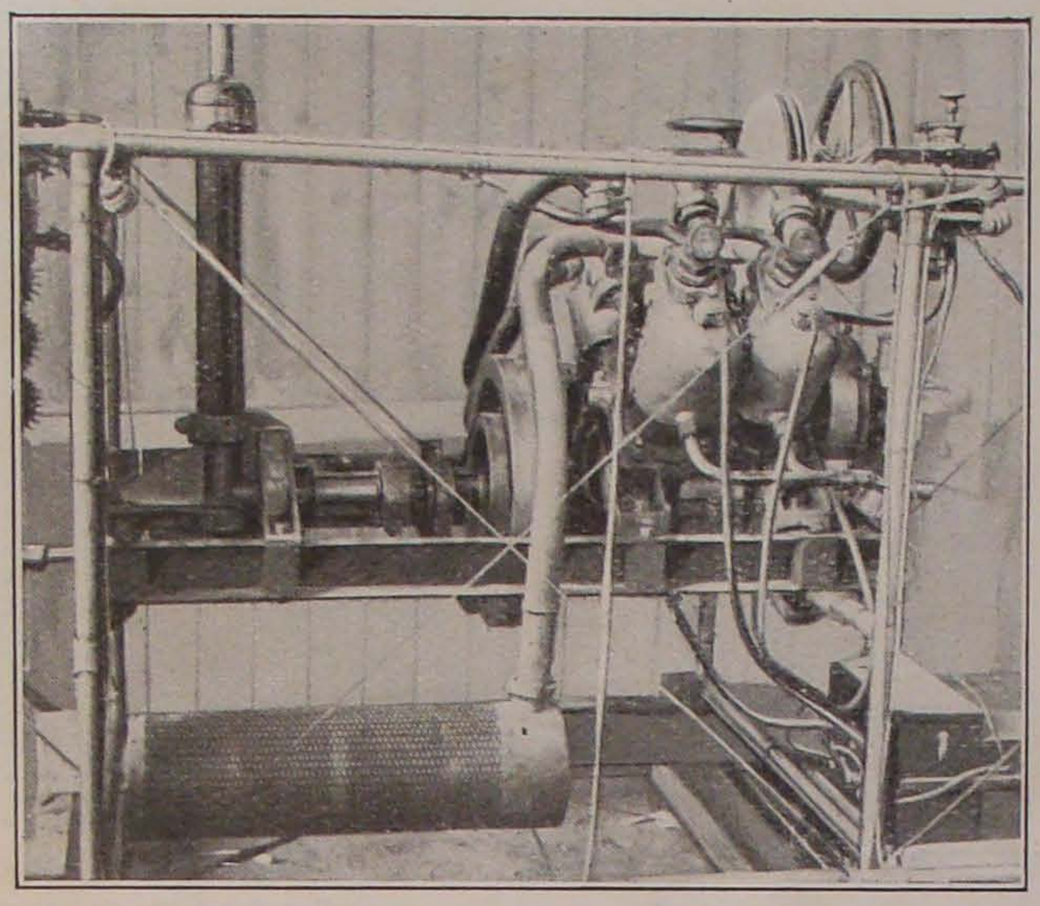


SCHÉMA DU DIRIGEABLE « VILLE DE PARIS ». *L'aéronef, qui appartient au type souple, est pisciforme et se termine à l'arrière par un cylindre auquel se raccordent les ballonnets stabilisateurs. A la ralingue s'attachent les suspentes qui soutiennent la nacelle, construite elle-même en treillis de tubes métalliques légers et résistants.*

dirigeable, qui s'incline, lui aussi, vers le bas.

STABILITÉ DE ROUTE. ∅ ∅ Pour avoir, le moins souvent possible, à actionner ces gouvernails de profondeur, on munit les enveloppes de *plans stabilisateurs*. Déjà la forme de « poisson » contribue à assurer la stabilité ; le centre de gravité étant ramené vers l'avant où se trouve le « gros bout », le bras de levier des engins régulateurs placés à l'arrière se trouve ainsi avoir plus d'efficacité. Mais on augmente la stabilité par des *empennages*, constitués par des surfaces résistantes placées vers l'arrière de l'aéronef. Il faut en effet, à tout prix, éviter que l'aéronef s'incline *seul* on évite en partie cela par des *liaisons triangulaires* entre l'enveloppe et la nacelle, au lieu des *liaisons parallèles* qui permettent la déformabilité du système. Mais l'empennage est la meilleure précaution ; il consiste en une série de plans ou de cylindres allongés, orientés dans le sens de la marche, opposés deux à deux, de façon à dessiner, par leur ensemble, une sorte de croix.

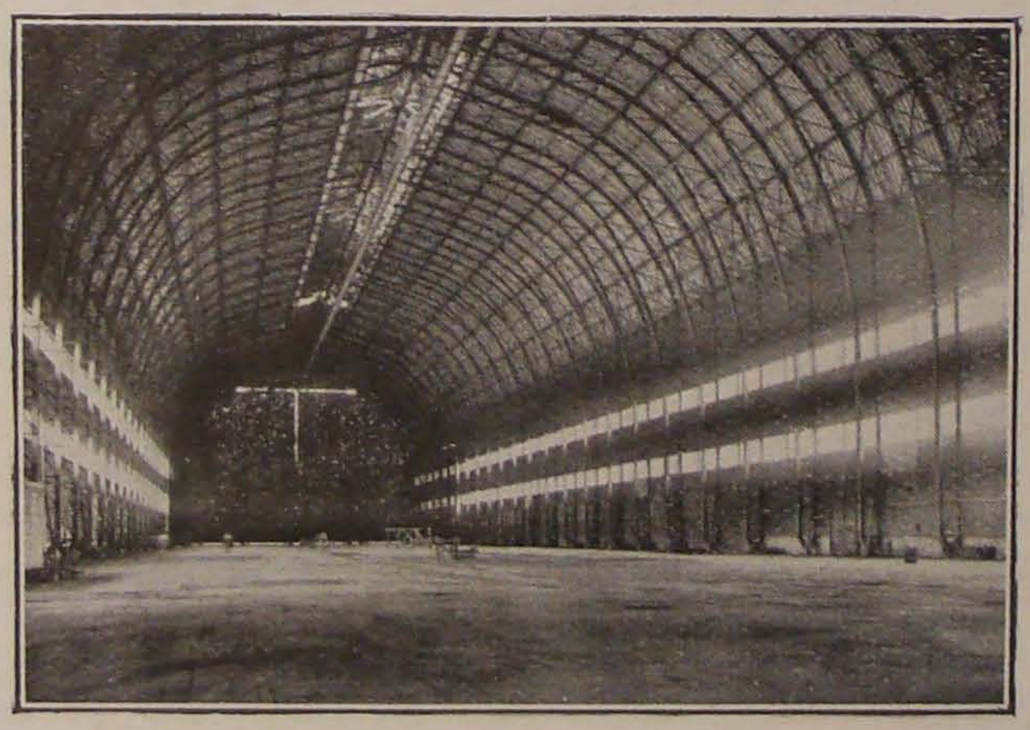


LE MOTEUR D'UN DES PREMIERS DIRIGEABLES. ∅ *Ce moteur Ader fonctionnait à bord d'un aéronef piloté par le comte de la Vaulx.* (Cl. Rol.)

Quant aux gouvernails de direction, ce sont des plans verticaux articulés autour d'un axe vertical : leur manière d'agir est la même que celle des gouvernails des navires.

LE « DÉVERSEMENT ». ∅ ∅ L'hélice est généralement fixée à la nacelle ou très près de celle-ci. Le point d'application de la force motrice est donc au-dessous du point d'application de la résistance de l'air, qui s'exerce *surtout* sur l'enveloppe. Mais cette résistance s'exerce aussi sur la nacelle, sur les cordes de suspension, sur les nœuds, sur le moteur, sur les passagers. Tout cela constitue une surface globale qui atteint vite le tiers de la surface de l'enveloppe perpendiculaire à la marche, autrement dit de la « section ». La force motrice devrait donc être appliquée en un point intermédiaire entre la nacelle et l'axe de l'enveloppe. Comme cela est difficilement réalisable, il en résulte un effet d'*inclinaison* du ballon vers le haut ; c'est cet effet que l'on appelle le déversement. Ce déversement est moins sensible sur les ballons rigides, parce que, sur ceux-ci, on peut installer les hélices plus près de l'enveloppe extérieure.

Quant à la *position* de l'hélice, elle varie suivant les constructeurs. Le colonel Renard l'avait installée à l'*avant* ; elle tirait donc sur l'aérostat. Certains constructeurs la placent au milieu de la nacelle.



VUE INTÉRIEURE D'UN HANGAR *destiné à abriter un dirigeable rigide.* (Cl. Rol.)

LA DIRIGEABILITÉ ET LE VENT. ∅ ∅ Quand un dirigeable se meut en air calme, sa marche donne à ses passagers une impression de *vent*. Cette impression ne dépend que de sa vitesse propre : elle est la même en air calme ou en air agité. Le dirigeable, en effet, est *transporté en bloc* par le vent extérieur, et c'est dans ce vent qu'il se dirige et marche. Sa route finale est donc la *résultante* de sa *vitesse propre* et de la *vitesse du vent*. C'est un point qu'il ne faut pas oublier, ni quand il s'agit des dirigeables, ni quand il s'agit des

LE DIRIGEABLE « NORDSTERN » AUJOURD'HUI «MÉDITERRANÉE ». *L'un des « rigides » de construction allemande, cédés à la France par le traité de paix de Versailles. Affecté à l'aéronautique maritime, il peut s'élever à 3 500 mètres.* (Cl. Rol.)

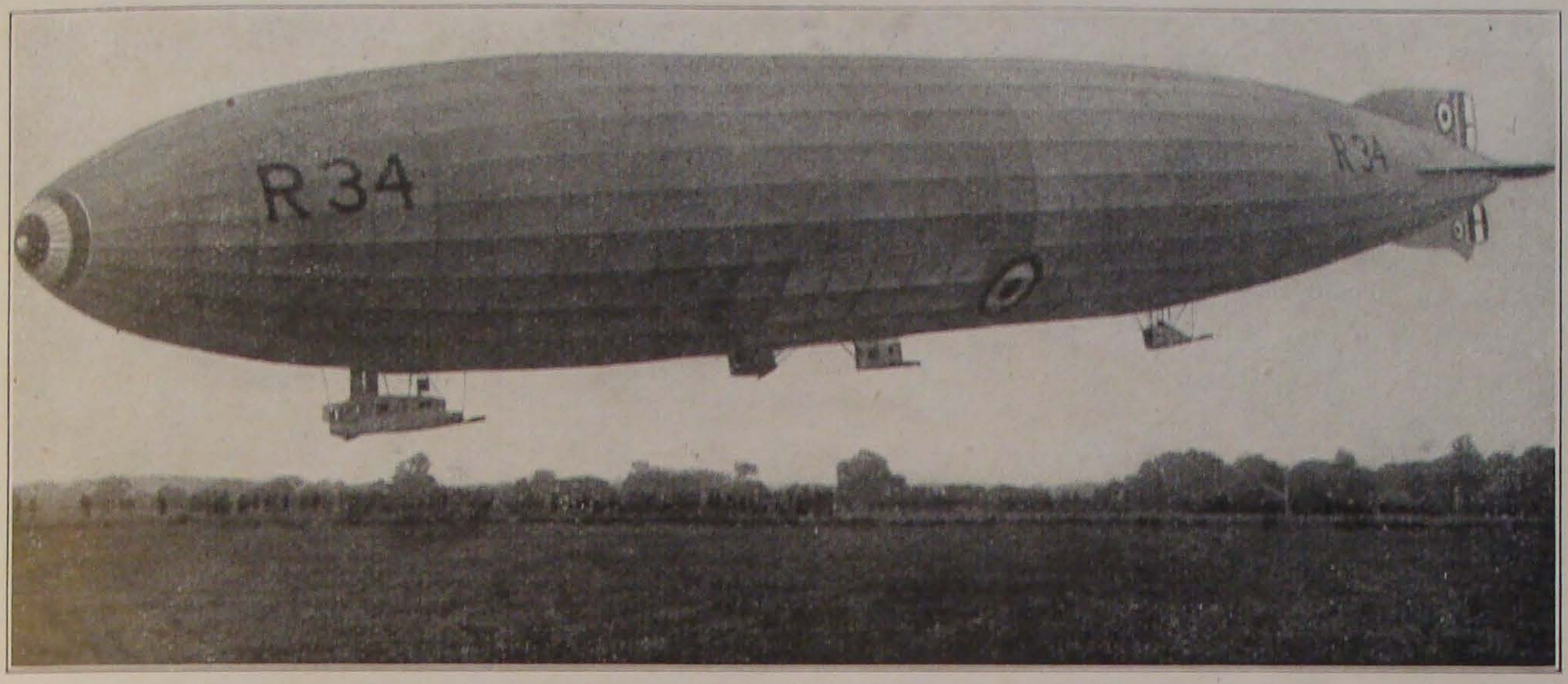
avions. Les dirigeables actuels font aisément 80 kilomètres à l'heure en *air calme. Vent arrière*, cette vitesse *s'ajoute* à celle du vent ; si cette dernière est de 54 kilomètres à l'heure (15 mètres par seconde), la vitesse *réelle* de l'aéronef sera 80 + 54 = 134 kilomètres. Si, au contraire, le ballon navigue *vent debout*, la vitesse du vent *se retranche* de la sienne : dans le cas choisi, sa vitesse réelle serait donc 80 — 54 = 26 kilomètres. Les vents d'une vitesse supérieure à 80 kilomètres à l'heure ne soufflent en moyenne que dix ou douze jours par an. On peut donc dire que la navigation aérienne par dirigeables est pratiquement possible *par tous les temps*.

LES GRANDS DIRIGEABLES.

Les plus grands dirigeables sont du type *rigide* (les *Zeppelins*). Les derniers construits par les Allemands ont 220 mètres de longueur sur 22 mètres de diamètre. Leur déplacement dépasse 70 000 mètres cubes, et la force motrice qui actionne leurs multiples hélices dépasse 6 000 chevaux. Leur prix de revient varie entre 20 et 30 millions de francs. Ces dirigeables sont constitués par une carcasse d'aluminium formant une armature compliquée et divisée en « cellules ». Chaque cellule comprend un ballon d'hydrogène. La forme générale est celle d'un poisson. Les cellules avant et arrière sont en pointe. On peut circuler de l'avant à l'arrière à l'intérieur d'une immense poutre triangulaire creuse. Les nacelles contenant les moteurs ainsi que la chambre du pilote sont collées à l'enveloppe extérieure de toile qui recouvre tout le système des cellules et des ballons. Il y a, à l'arrière, des empennages et des gouvernails de profondeur et de direction, et ces immenses aéronefs, qui pourront peut-être rendre des services en temps de paix pour les voyages transatlantiques, sont munis de projecteurs puissants et de postes de T. S. F.

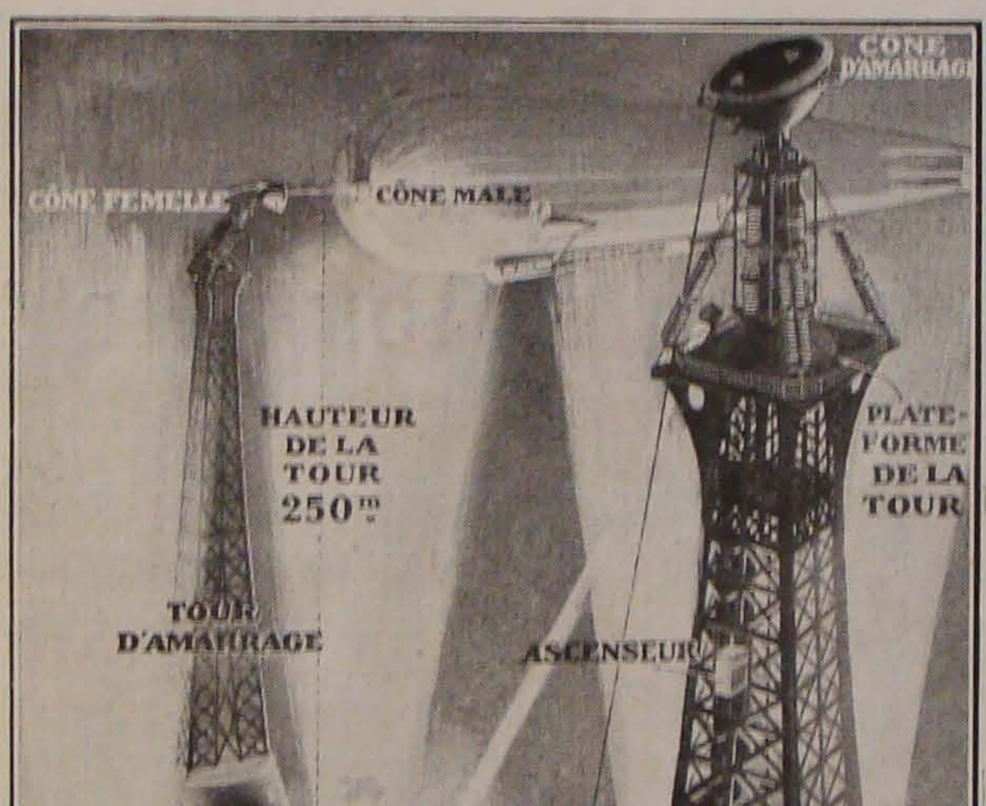
Les dirigeables français du type souple (non rigide) sont de dimensions beaucoup plus modestes. Le *Clément-Bayard* avait une longueur de 56 m. 25, un diamètre de 10 m. 58, un volume total de 3 500 mètres cubes ; le volume de son ballonnet à air était de 1 100 mètres cubes. Dans ces ballons, le filet est supprimé. Une forte corde, la *ralingue*, est cousue dans l'enveloppe dans le sens de la longueur. C'est à cette ralingue que viennent s'attacher les *suspentes* qui soutiennent la nacelle. Au-dessous de cette première ralingue en est une seconde, à laquelle sont attachées les *balancines*, cordes obliques par rapport aux suspentes et qui servent à assurer l'invariabilité de position de la nacelle par rapport à l'enveloppe. Ce dispositif est usité dans tous les dirigeables souples.

Les dirigeables *Astra-Torrès*, construits par



LE DIRIGEABLE *R-34.* ⌀ *Ce formidable « rigide », de l'aéronautique militaire britannique, effectua en 1919 le trajet Angleterre-États-Unis — 5 700 kilomètres en 108 heures 12 minutes — en survolant l'Atlantique ; il revint ensuite à son point de départ en 75 heures 3 minutes. Actionné par cinq moteurs. Longueur : 200 mètres. Son équipage comprenait 27 personnes. Cette photo le montre au moment où il se rapproche du sol pour atterrir.*

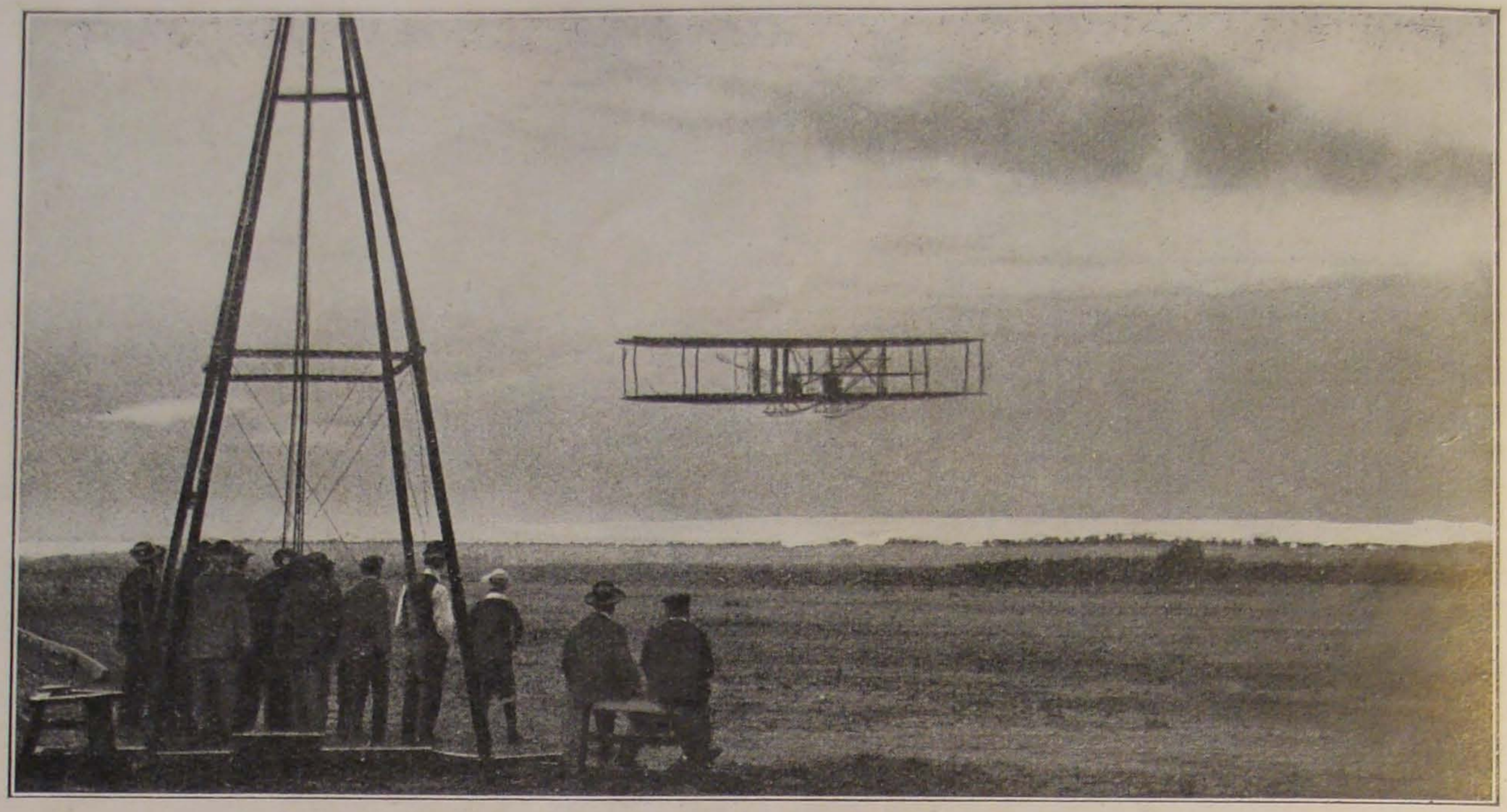
le célèbre ingénieur espagnol Torrès, ont une forme spéciale : ils sont *trilobés*, formés de trois éléments de cylindres longitudinaux. La section d'un tel dirigeable est donc représentée par trois demi-circonférences ayant chacune pour diamètre un des côtés d'un triangle équilatéral. L'un des derniers modèles construits avait un cube total de 8 000 mètres cubes et a réalisé la vitesse de 88 kilomètres à l'heure ; le second avait 23 000 mètres cubes ; ses deux moteurs donnent, ensemble, 1 000 chevaux, imprimant à l'aéronef une vitesse de 90 kilomètres à l'heure. La rigidité de ces ballons est assurée par un système de haubans *intérieurs* à l'enveloppe et reliant les éléments des bases des trois cylindres.



TOUR D'AMARRAGE POUR DIRIGEABLES. ⌀ *Ce gigantesque pylône, destiné à amarrer « par le nez » les dirigeables qui s'orienteraient dans le lit du vent, comme des girouettes, n'est encore qu'à l'état de projet.*

Il est presque inutile d'ajouter que tous ces ballons sont pourvus de projecteurs puissants et d'appareils de télégraphie sans fils.

Les *Zeppelins*, dans l'esprit des Allemands, devaient être des instruments de dévastation pour bombarder des villes ouvertes comme Londres et Paris. En réalité, leur grande surface offrait une cible magnifique au tir des canons : ils ont presque tous fini lamentablement. Le véritable rôle des dirigeables en temps de guerre, surtout des grands dirigeables à carcasse rigide, est d'escorter les convois de navires, auxquels ils peuvent signaler les escadres ennemies qu'ils voient *de loin* et les sous-marins qu'ils voient *de haut*. Peut-être, en temps de paix, pourraient-ils servir à des transports de passagers à travers les mers, leurs grandes dimensions leur permettant d'enlever un nombre de personnes assez considérable.



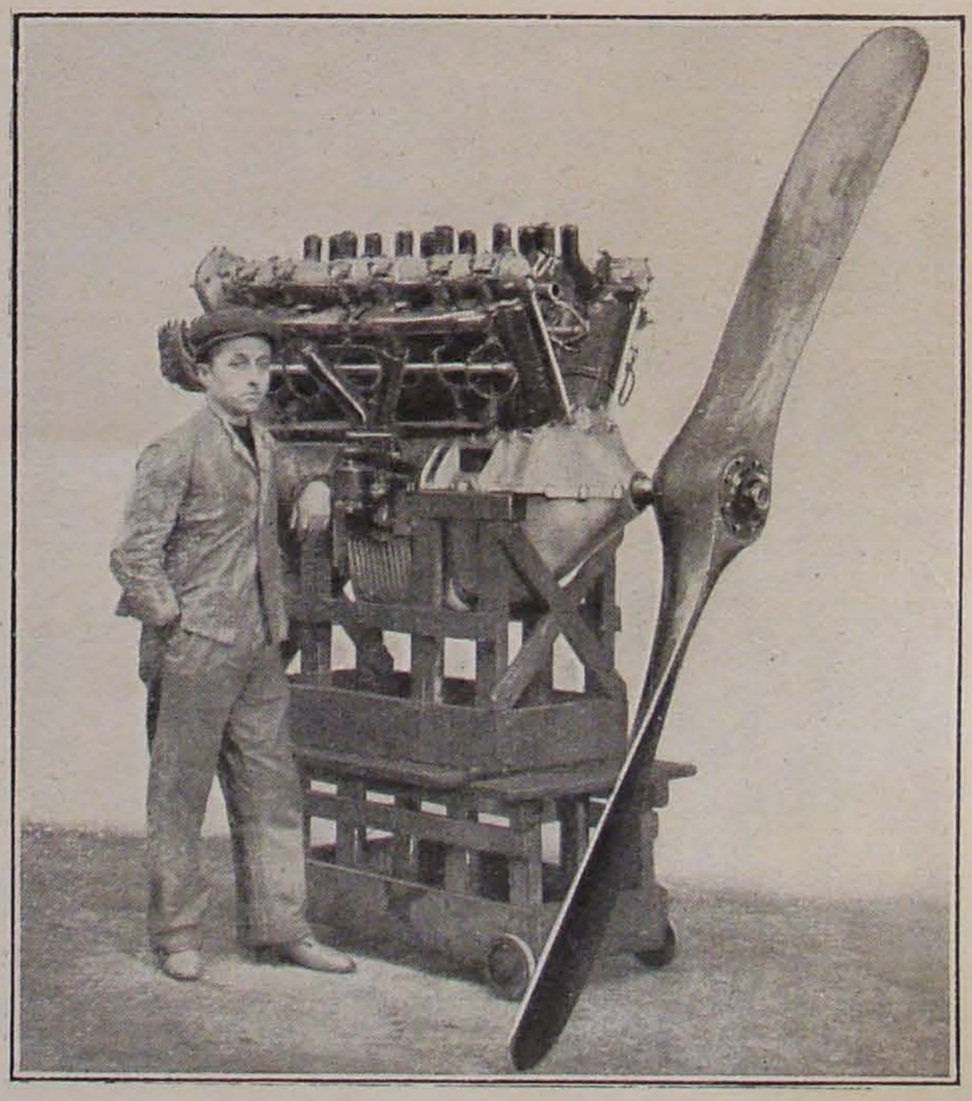
L'AÉROPLANE WRIGHT. *Les premiers essais des frères Wright furent effectués en 1908 au camp d'Auvours, près du Mans. On voit le pylône qui servait à lancer l'avion par la chute d'un poids tombant de ce pylône.* (Cl. Branger.)

CHAPITRE IV

L'AVIATION ET SON PROBLÈME

L'AVIATION est l'art d'élever et de diriger à travers l'atmosphère un corps « plus lourd que l'air » en utilisant la *résistance* que présente l'élément gazeux au mouvement des corps qui y sont plongés.

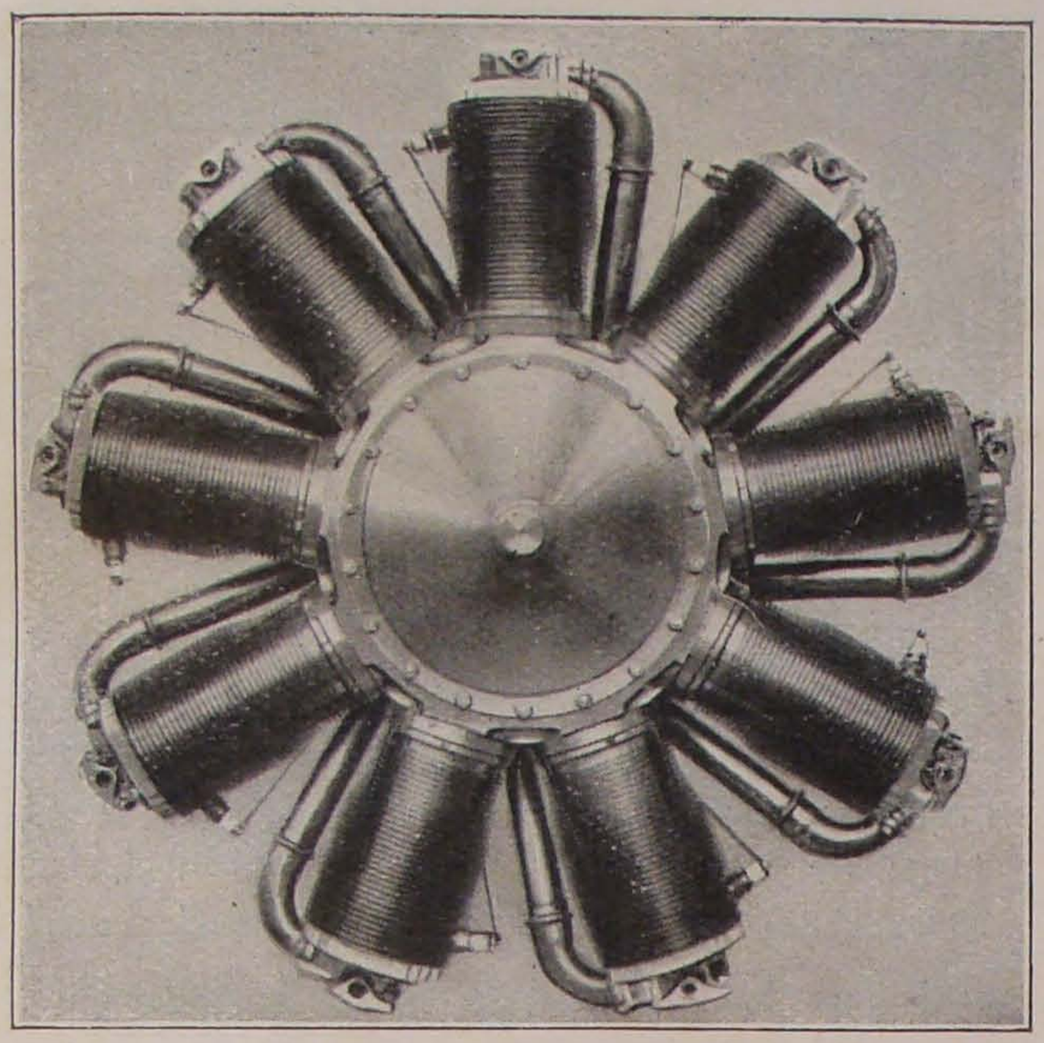
L'homme n'a pas cherché à imiter servilement le mécanisme des ailes battantes, qui permet à l'oiseau de s'élever ; il a, en effet, conçu et réalisé, par un effort de son génie, un mouvement dont la nature ne nous offre d'exemple que dans les corps célestes : c'est le mouvement de *rotation*. De même que nos automobiles ne sont pas à pattes articulées, de même que nos transatlantiques ne sont pas à nageoires de poisson, nous sommes arrivés à propulser et à soutenir en l'air des appareils volants appelés *avions*, en utilisant uniquement le mouvement de rotation de nos moteurs qui propulsent dans l'air une surface *inerte*, soutenue par la *résistance* opposée par l'air à son mouvement.



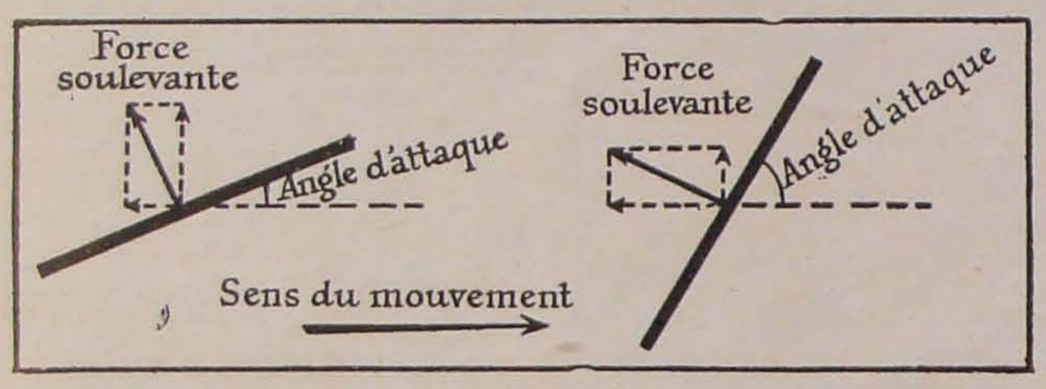
ASPECT D'UN GROUPE MOTO-PROPULSEUR COMPLET POUR L'AVIATION. *La puissance totale de ce groupe (Renault) est de 330 chevaux ; l'hélice est actionnée directement, sans engrenage démultiplicateur.*

L'ANCÊTRE : LE CERF-VOLANT. L'homme avait un « précédent » pour le guider dans la voie de l'aviation : c'était le cerf-volant, que les enfants avaient, de temps immémorial, trouvé le moyen d'enlever dans l'atmosphère.

L'équilibre du cerf-volant, surface plane sur laquelle presse le vent et qui est retenu

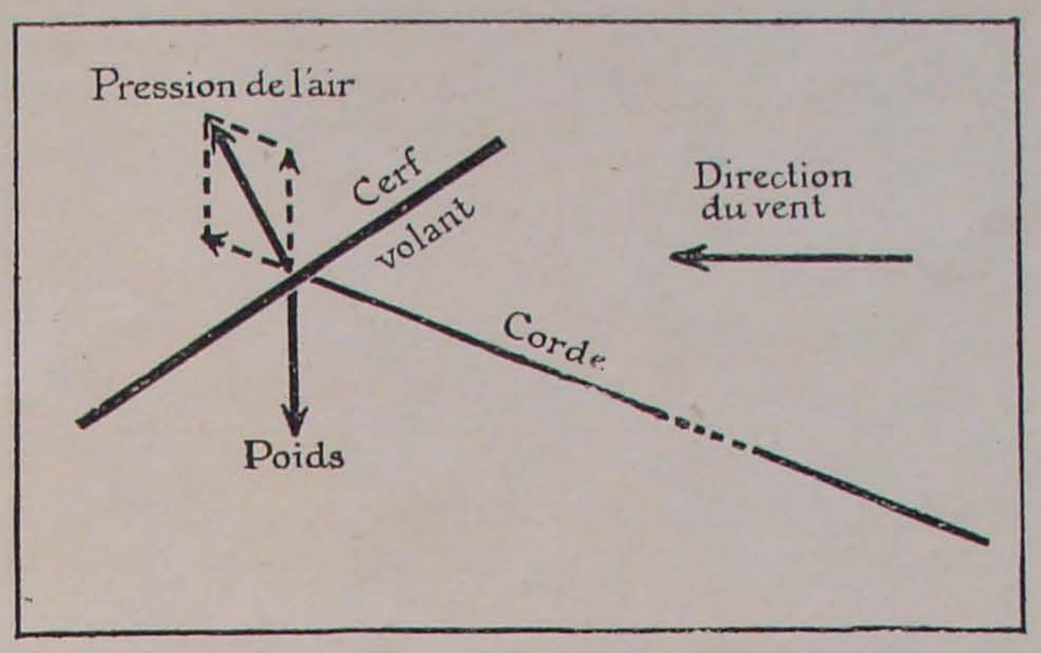


MOTEUR GNOME ET RHONE EN ÉTOILE. *Les cylindres, en nombre impair, rayonnent autour de l'arbre moteur Le refroidissement se fait par l'air*



INFLUENCE DE L'ANGLE D'ATTAQUE. *Plus cet angle est faible, plus la force soulevante qui agit sur la surface mobile est grande. Par contre, la résistance opposée par l'air augmente en même temps.*

LA LÉGÈRETÉ DES MOTEURS D'AVIATION. *Leur poids est inférieur à ceux des moteurs d'automobile ou d'industrie; cette photo montre qu'un homme peut transporter un moteur de 100 chevaux sur son dos.* (Cl. Branger.)



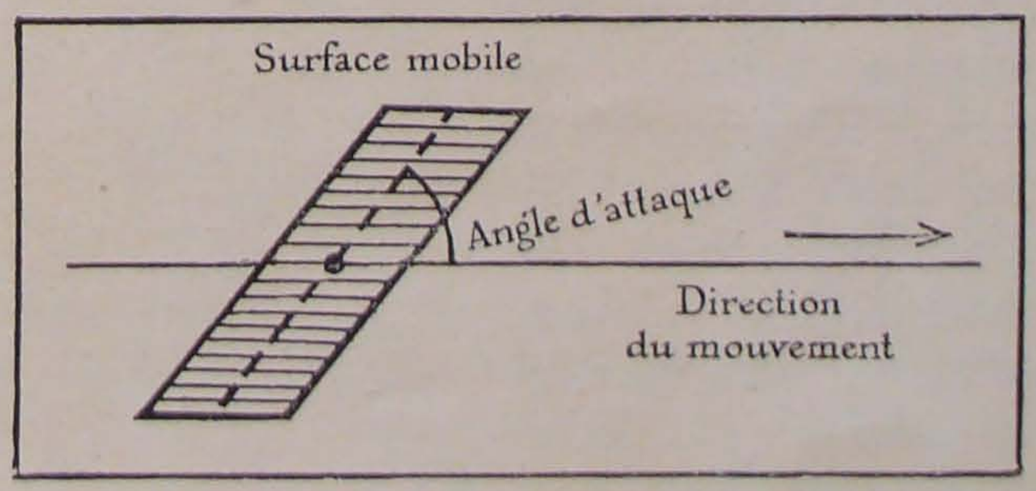
ÉQUILIBRE DU CERF-VOLANT. *La pression de l'air, perpendiculaire à la surface, se divise en deux forces, l'une antagoniste à la corde, l'autre verticale qui soulève l'appareil,*

par une corde, se comprend à la seule inspection du schéma qui explique sa sustentation : c'est la *vitesse* du vent, agissant sur la surface oblique qui lui est présentée, qui contre-balance l'action de la pesanteur et qui soulève l'appareil. Pour une certaine valeur du poids et de la vitesse du vent le système est en équilibre. Que la vitesse du vent vienne à baisser, aussitôt l'appareil descend. Mais les enfants ne se laissent pas arrêter pour si peu. Il n'y a pas de vent ? Ils en *font* en courant à toutes jambes et enlèvent tout de même leur engin.

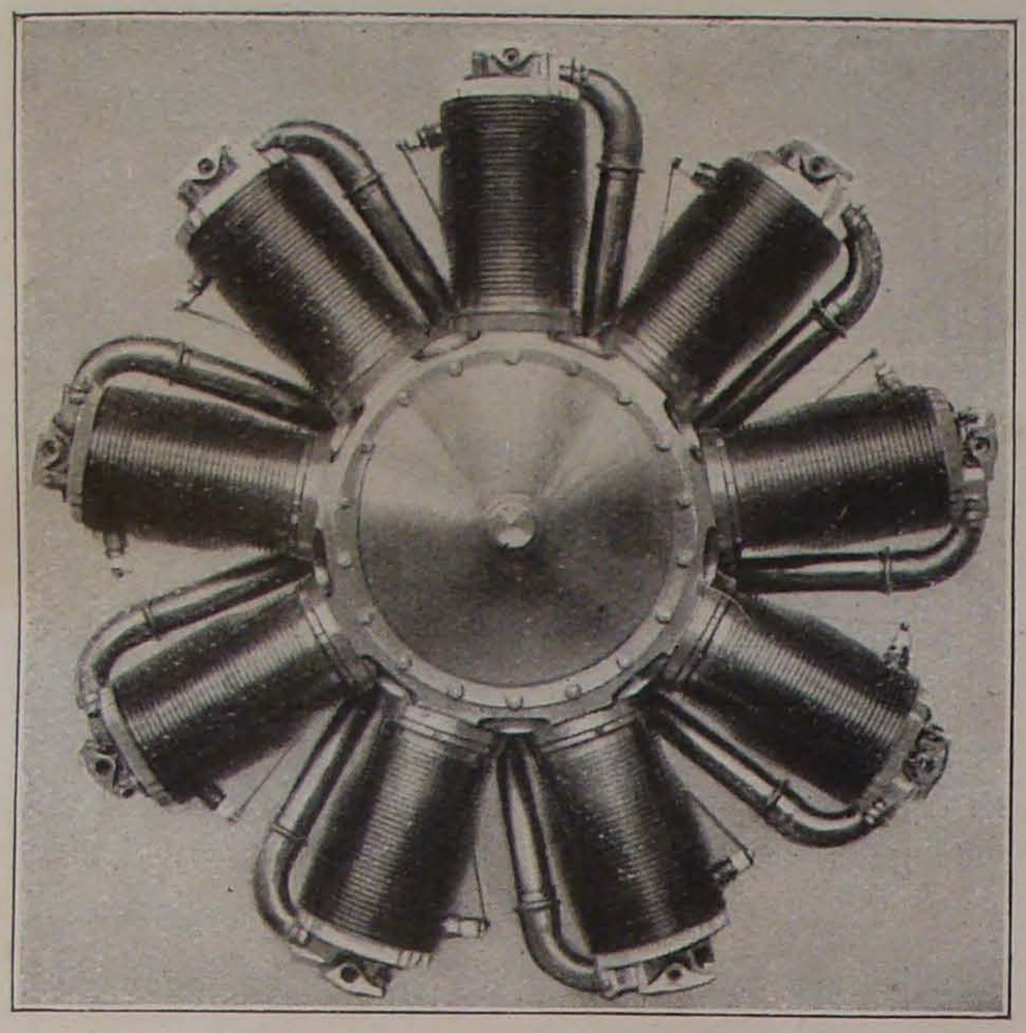
Or, un *aéroplane* n'est autre chose qu'un cerf-volant qui *fait son vent lui-même.* A cet effet, il remplace la ficelle du cerf-volant par un *moteur* et par une *hélice*, qui lui impriment une vitesse égale à celle du vent qui pourrait le soutenir dans l'air s'il était un cerf-volant. La *tension* de la corde sera remplacée par la *force de propulsion.*

Un aéroplane, un *avion* comme on dit aujourd'hui plus simplement, sera donc un « cerf-volant automoteur ».

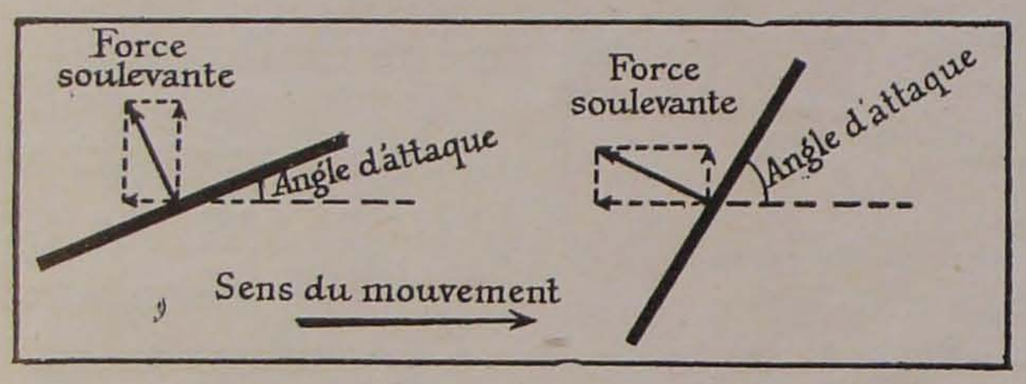
De même, comme on a pu le dire justement, le cerf-volant est un *aéroplane à l'ancre.* Le schéma ci-dessus fait comprendre, par sa seule inspection, le jeu des forces qui concourent à soutenir l'avion.



CE QU'ON APPELLE L'ANGLE D'ATTAQUE D'UNE SURFACE MOBILE A TRAVERS L'AIR. *Il est formé par l'angle de cette surface avec la direction du mouvement.*

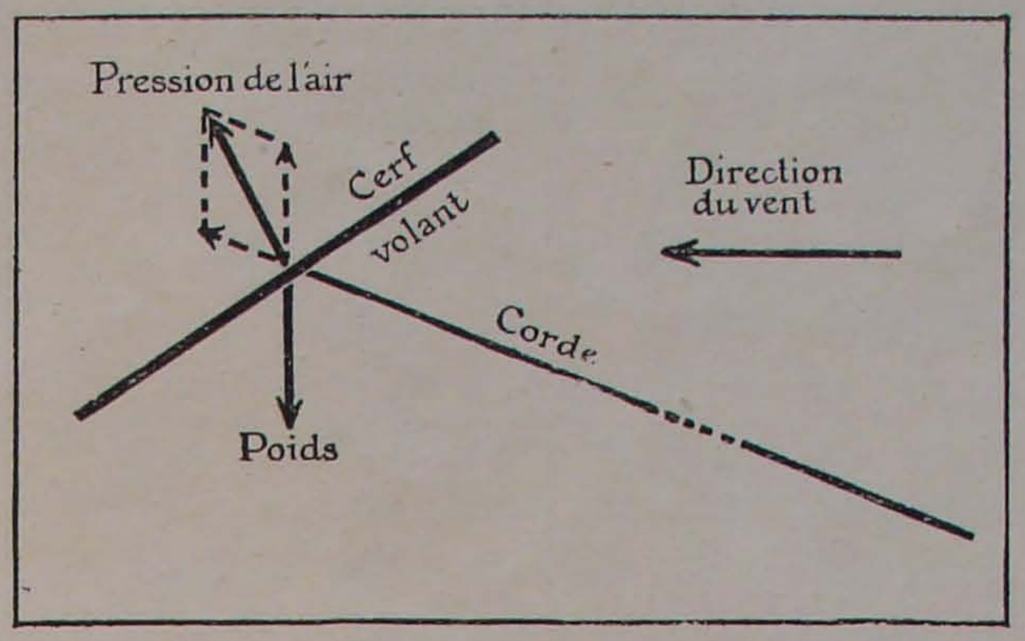


MOTEUR GNOME ET RHONE EN ÉTOILE. *Les cylindres, en nombre impair, rayonnent autour de l'arbre moteur Le refroidissement se fait par l'air*



INFLUENCE DE L'ANGLE D'ATTAQUE. *Plus cet angle est faible, plus la force soulevante qui agit sur la surface mobile est grande. Par contre, la résistance opposée par l'air augmente en même temps.*

LA LÉGÈRETÉ DES MOTEURS D'AVIATION. *Leur poids est inférieur à ceux des moteurs d'automobile ou d'industrie ; cette photo montre qu'un homme peut transporter un moteur de 100 chevaux sur son dos.* (Cl. Branger.)



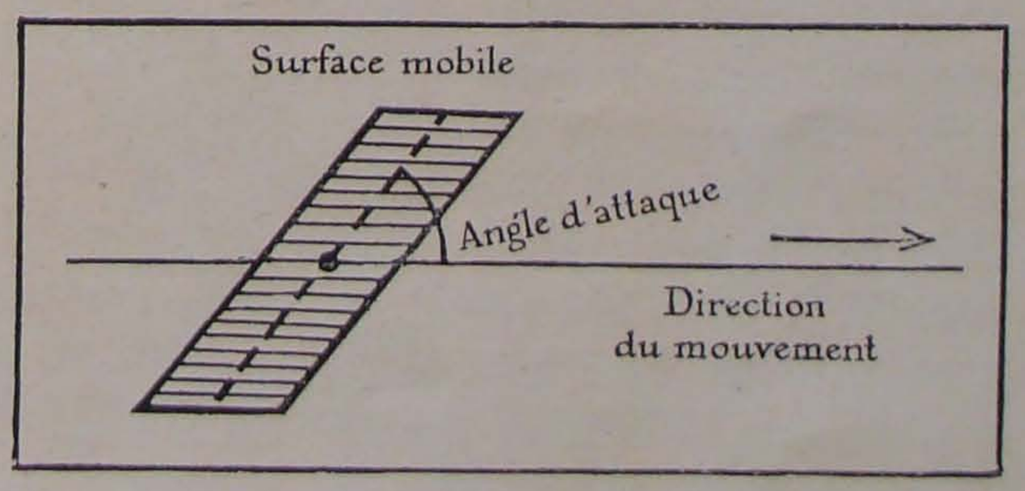
ÉQUILIBRE DU CERF-VOLANT. *La pression de l'air, perpendiculaire à la surface, se divise en deux forces, l'une antagoniste à la corde, l'autre verticale qui soulève l'appareil,*

par une corde, se comprend à la seule inspection du schéma qui explique sa sustentation : c'est la *vitesse* du vent, agissant sur la surface oblique qui lui est présentée, qui contre-balance l'action de la pesanteur et qui soulève l'appareil. Pour une certaine valeur du poids et de la vitesse du vent le système est en équilibre. Que la vitesse du vent vienne à baisser, aussitôt l'appareil descend. Mais les enfants ne se laissent pas arrêter pour si peu. Il n'y a pas de vent ? Ils en *font* en courant à toutes jambes et enlèvent tout de même leur engin.

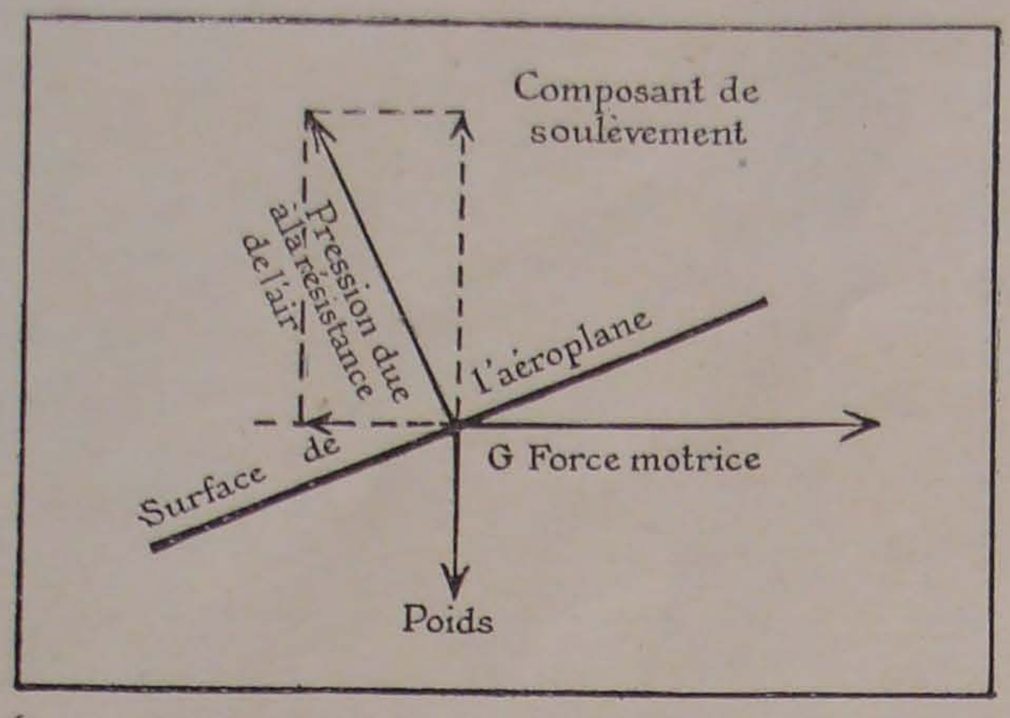
Or, un *aéroplane* n'est autre chose qu'un cerf-volant qui *fait son vent lui-même*. A cet effet, il remplace la ficelle du cerf-volant par un *moteur* et par une *hélice*, qui lui impriment une vitesse égale à celle du vent qui pourrait le soutenir dans l'air s'il était un cerf-volant. La *tension* de la corde sera remplacée par la *force de propulsion*.

Un aéroplane, un *avion* comme on dit aujourd'hui plus simplement, sera donc un « cerf-volant automoteur ».

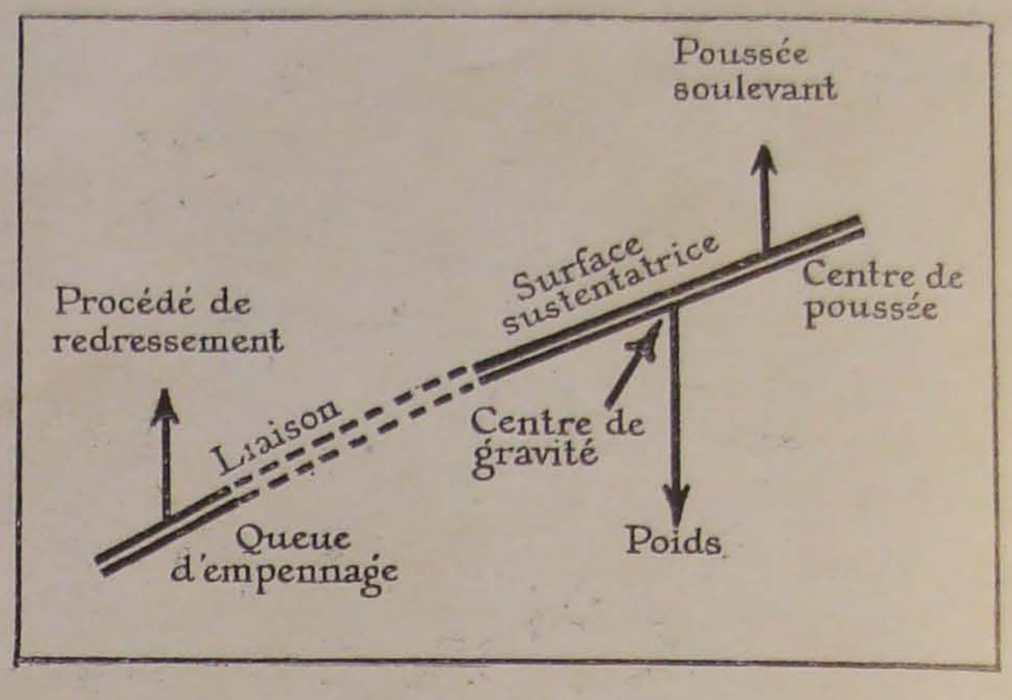
De même, comme on a pu le dire justement, le cerf-volant est un *aéroplane à l'ancre*. Le schéma ci-dessus fait comprendre, par sa seule inspection, le jeu des forces qui concourent à soutenir l'avion.



CE QU'ON APPELLE L'ANGLE D'ATTAQUE D'UNE SURFACE MOBILE A TRAVERS L'AIR. *Il est formé par l'angle de cette surface avec la direction du mouvement.*



ÉQUILIBRE DE L'AÉROPLANE. *Ce schéma montre comment l'appareil en mouvement peut se maintenir en l'air. On voit que la pression, conséquence du mouvement, se décompose en deux forces, dont l'une soulève l'appareil.*

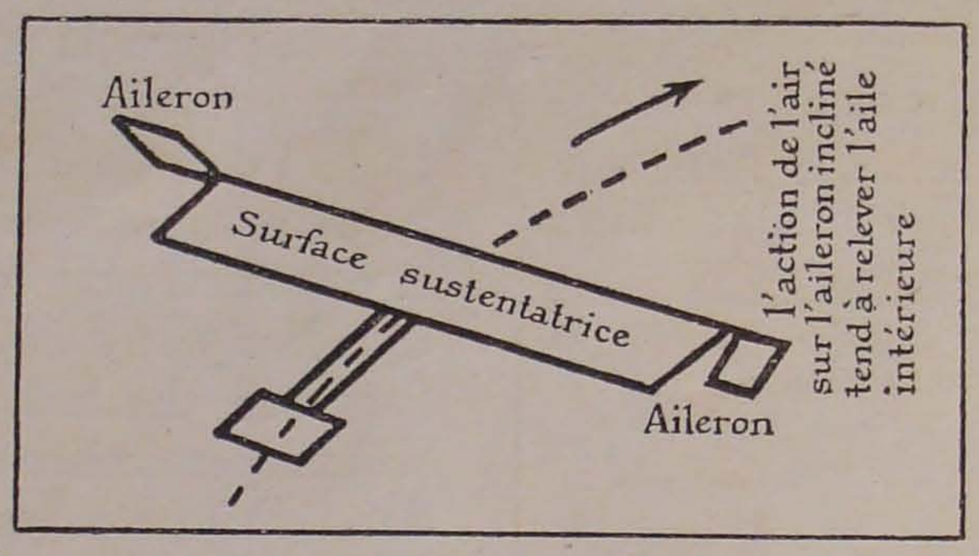


ACTION DE L'EMPENNAGE. *L'empennage, surface placée en arrière de la surface sustentatrice, est réuni à celle-ci par une « liaison » rigide. L'action de l'air sur cet empennage tend à redresser l'appareil.*

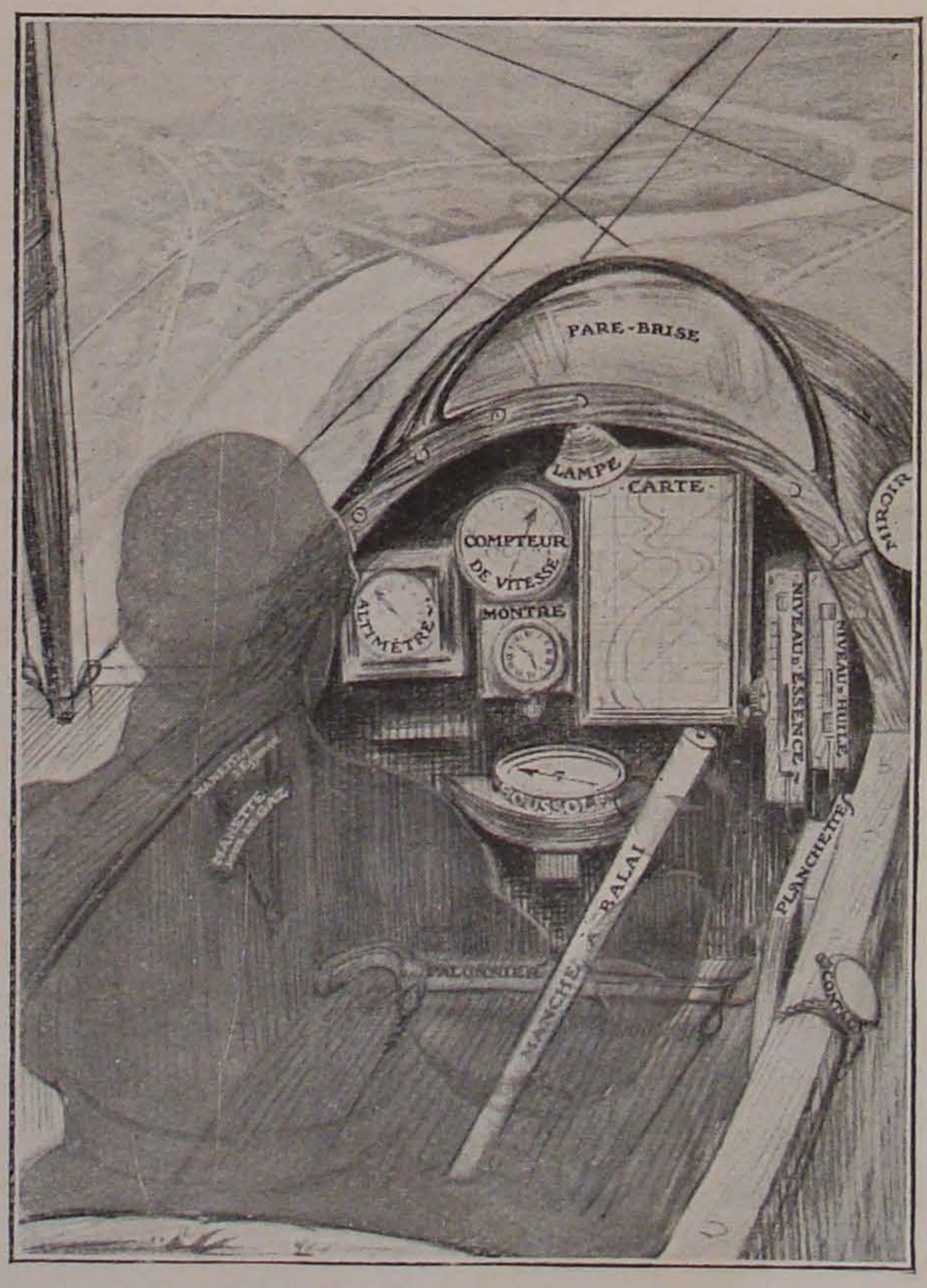
QU'EST-CE QU'UN AVION ? QUELLES SONT SES PARTIES ESSENTIELLES ?

Nous pouvons définir l'avion : « Un appareil qui utilise la pression de l'air sur une surface oblique, mobile à l'aide d'un propulseur, de façon à produire sur cette surface une poussée capable de soutenir l'appareil en l'air, la propulsion étant obtenue par l'excédent de force motrice. »

Tout avion se compose donc : d'un *sustentateur* ou *système d'ailes*, auquel est suspendue une nacelle à laquelle on donne le nom de *fuselage*. Cette nacelle contient le groupe *moto-propulseur*, comprenant lui-même le moteur et l'hélice propulsive. A cette nacelle, à ce fuselage, sont en outre fixés les organes de direction et de manœuvre, permettant de faire évoluer l'appareil dans l'air ; au-dessous du fuselage est un *train d'atterrissage*, formé de roues pneumatiques élastiquement reliées au corps même de l'avion.



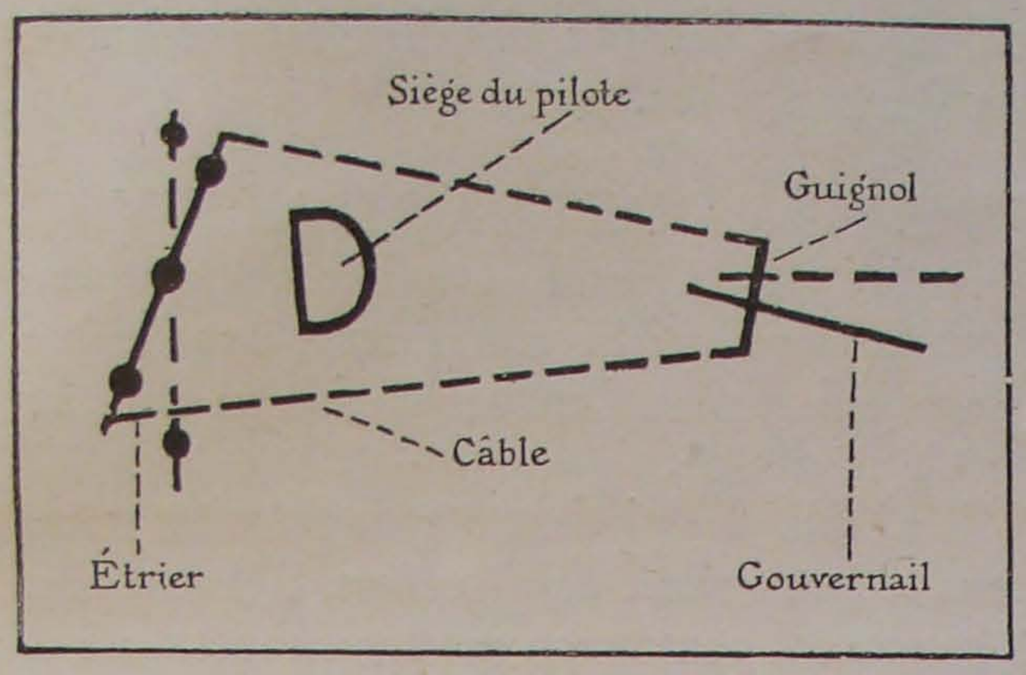
LES AILERONS REDRESSEURS. *Ils agissent comme de véritables gouvernails d'inclinaison latérale.*



UN PILOTE A SON POSTE. *Devant lui, à portée de sa main, se trouvent les organes de manœuvre, et ses regards sont constamment fixés sur les divers appareils indicateurs.*

LE SUSTENTATEUR.

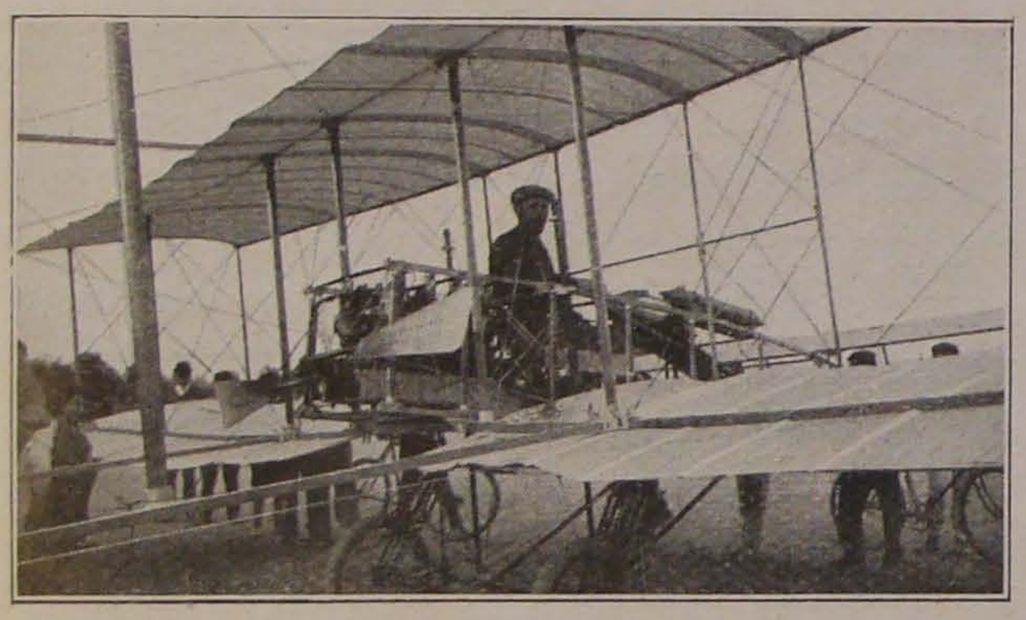
Le sustentateur se compose de surfaces rigides faites d'étoffe vernie tendue sur des châssis à la fois légers et résistants : ces surfaces sont les « ailes » ; elles ne sont pas planes, mais présentent une *courbure* calculée par des formules mathématiques déduites des lois de la résistance de l'air. Ces ailes sont toujours *symétriques* par rapport au fuselage : quand il y en a *une* paire (l'une à droite, l'autre à gauche), l'appareil est un *monoplan* (type Blériot, traversée de la Manche). Quand il y en a *deux paires*, l'appareil est un *biplan* ; c'est un *triplan* ou un *multiplan* s'il y a trois paires d'ailes ou plus. Les monoplans se rap-



COMMANDE DE DIRECTION. *Elle s'effectue à l'aide d'un palonnier, sorte de barre de gouvernail que l'on voit à gauche du dessin, et qui est manœuvré par les pieds.*

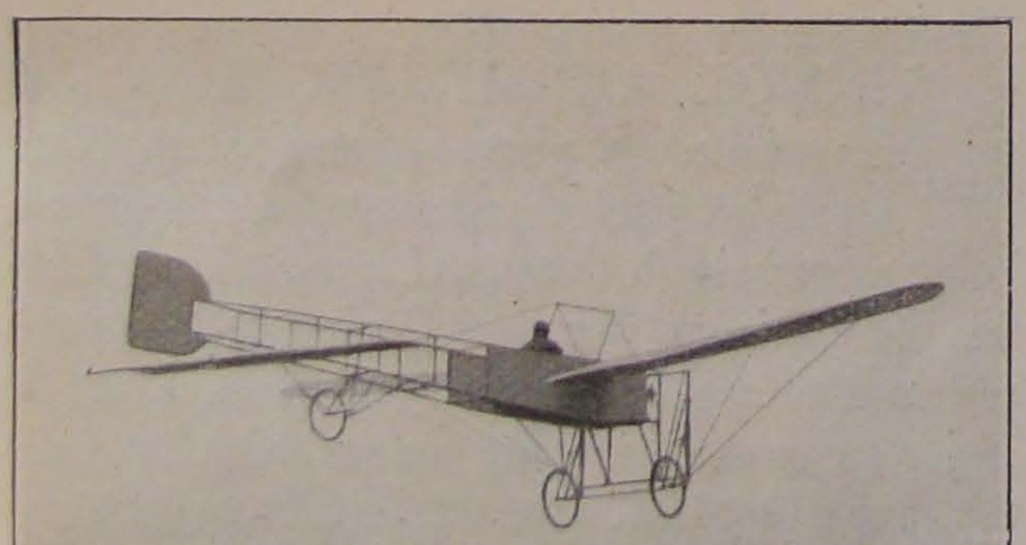
prochent le plus des formes de l'oiseau, et c'est vers ce type que l'on tend à revenir ; pendant la guerre, ce sont les *biplans* qui ont été presque exclusivement en service.

La longueur des ailes du bout extérieur de



FARMAN SUR UN DE SES AVIONS BIPLANS. *L'aéroplane a son avant vers la droite de la figure.* (Cl. Raffaële.)

l'aile droite à celui de l'aile gauche se nomme l'*envergure* de l'avion : on la mesure dans le sens perpendiculaire à la marche. Aux extrémités postérieures des ailes sont fixés des *ailerons* mobiles, qui, abaissés ou relevés, permettent d'abaisser à volonté l'un des côtés de l'aéroplane et assurent ainsi son équilibre transversal.



L'AÉROPLANE BLÉRIOT. *C'est à bord de ce monoplan à une place que Louis Blériot accomplit son célèbre exploit : la traversée de la Manche.* (Cl. Rol.)

LES ORGANES DE DIRECTION.

Placés dans le fuselage, ils comprennent le *gouvernail de direction*, permettant d'aller à droite ou à gauche, à la manière du gouvernail des bateaux, et le *gouvernail de profondeur*, qui, fonctionnant comme celui que nous avons décrit pour les dirigeables, permet d'aller en haut ou en bas. Au bout du fuselage est un *empennage*, surface fixe qui assure la stabilité de l'appareil.

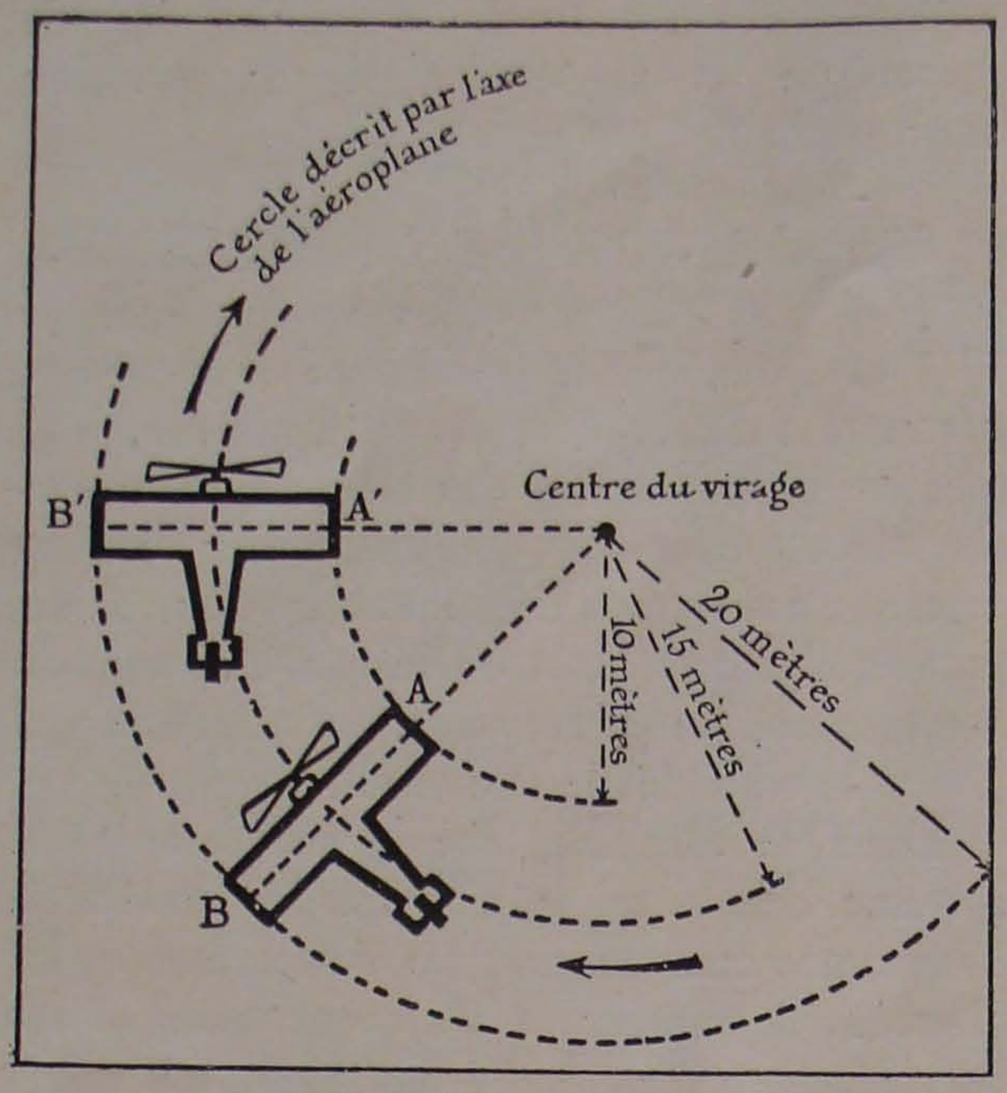
Dans le fuselage, fixé invariablement au système des ailes, se trouvent les *leviers de manœuvre* commandant les gouvernails et les ailerons, le moteur et ses commandes, le réservoir d'essence, les projecteurs, les appareils de télégraphie sans fils, les sièges du pilote et des passagers et, si l'avion est militaire, les mitrailleuses, les appareils de repérage et de photographie.

Quand l'avion, au lieu d'avoir à partir du sol ferme et à y atterrir, est destiné à s'enlever sur l'eau et à s'y reposer au retour, le fuselage porte, au-dessous, deux *flotteurs* en forme de fuseaux, destinés à soutenir l'appareil sur l'eau et à lui permettre, par leur forme effilée, d'acquérir la vitesse nécessaire au départ, sans éprouver trop de résistance de la part du milieu liquide. Un avion ainsi construit se nomme un *hydravion*. Certains avions sont construits de façon à pouvoir se poser indifféremment sur l'eau et sur le sol : ce sont les *avions amphibies*.

LE MOTEUR ET L'HÉLICE.

Le moteur est toujours un moteur à explosion, utilisant l'inflammation d'un mélange détonant d'air et d'essence minérale, du type dit à *quatre temps*, usité dans les voitures automobiles. Mais la condition qui domine en construction doit être la *légèreté* : les moteurs d'aviation actuels sont parfaits à ce point de vue ; leur poids est voisin d'un kilo par cheval-vapeur. Ils sont alimentés à l'essence minérale et graissés à l'huile de ricin, cette dernière étant préférée parce qu'elle conserve sa fluidité même aux plus basses températures atteintes par l'avion et qu'elle se dissout peu dans l'essence.

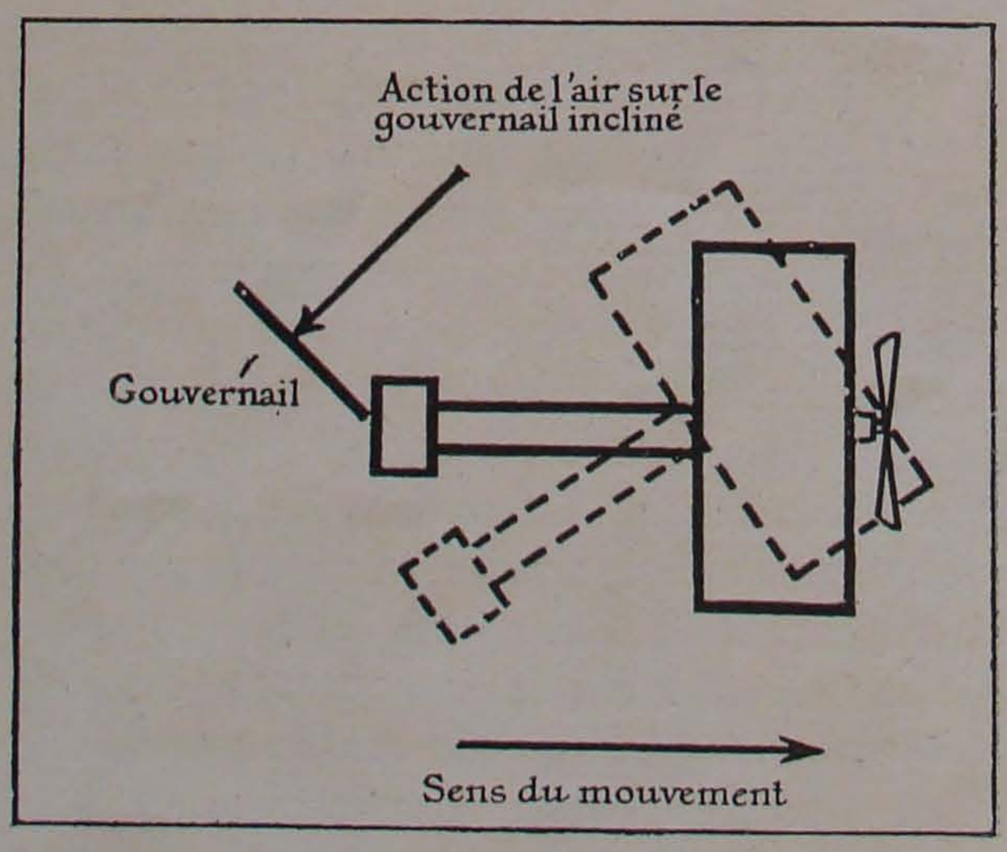
Ces moteurs sont à *plusieurs cylindres*.



VIRAGE D'UN AÉROPLANE. *Le cercle décrit par le bord intérieur est plus petit que celui du bord extérieur. L'appareil s'inclinera donc vers le centre du cercle.*

Tantôt ceux-ci sont groupés en étoile autour du *carter* central, où se trouve la manivelle motrice ; tantôt ils sont en file d'éléments parallèles ; le plus souvent deux files sont assemblées en forme de V. Le *refroidissement* des cylindres, nécessaire au bon fonctionnement, se fait par des *ailettes* qui offrent à l'air une large surface de rayonnement.

Dans quelques modèles d'avions à grande puissance, le refroidissement se fait comme sur les voitures, par *circulation d'eau* dans un *radiateur*. L'allumage du mélange dans les cylindres se fait par des *bougies* actionnées par des *magnétos*.



ACTION DU GOUVERNAIL DE DIRECTION. *La résistance de l'air sur la surface inclinée provoque la déviation de l'avion suivant la position marquée en pointillé.*

LE LEVIER ET SA MANŒUVRE.

Quand le pilote est assis sur le siège qui lui est réservé, tous les organes qui commandent les engins de direction sont à sa portée.

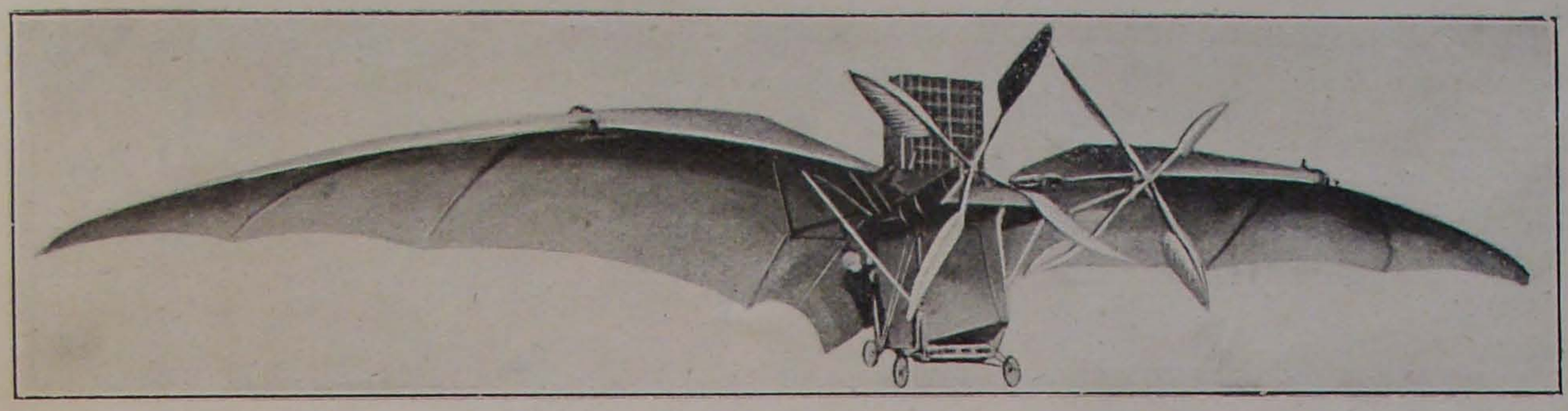
Il a, sous les pieds, un *palonnier* commandant le *gouvernail de direction*. S'il veut aller à gauche, il pousse son pied gauche en avant, ce qui amène le gouvernail dans la position qui détermine une force déviant l'avion vers la gauche. Pour aller à droite, il pousserait le pied droit.

Le pilote tient à la main un *levier* de manœuvre appelé souvent le «*manche à balai*» dans la langue des aviateurs. Ce levier commande le *gouvernail de profondeur* et les ailerons. Pour descendre, le pilote pousse le levier en avant : le gouvernail de profondeur s'abaisse, « prend plus d'air » et force la « queue » de l'appareil à se relever. Pour *monter*, le pilote tire le levier à lui. Mais le levier est articulé et peut, en outre, être poussé à droite ou à gauche. Si le pilote pousse le levier à gauche, il abaisse l'aileron droit : l'aile droite se relève et l'appareil entier s'incline vers la gauche. C'est l'inverse qui se produit s'il pousse le levier à droite.

Tous ces mouvements sont très simples et pour ainsi dire instinctifs. Au bout de peu de temps, ils deviennent de véritables *réflexes*, absolument comme les mouvements que fait, sans raisonner chacun d'eux, le cycliste pour assurer la propulsion, la direction et l'équilibre de sa bicyclette. C'est en combinant tous ces mouvements que l'on arrive à exécuter toutes les « acrobaties » : virages sur l'aile, *looping the loop*, descente en vrille, etc.

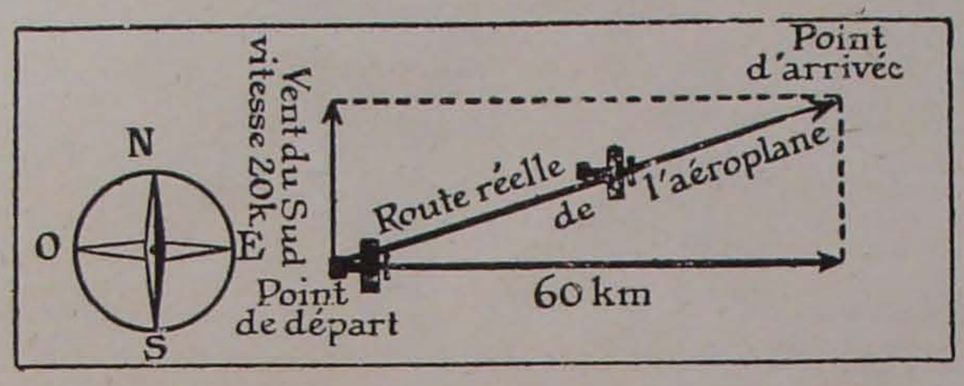
L'ENVOL DE L'AVION.

Le pilote se place *vent debout* pour atteindre plus rapidement la vitesse relative nécessaire à l'envol. Le moteur et l'hélice étant mis en marche, l'avion commence à rouler sur le sol ; en poussant légèrement le levier en avant, le pilote assure mieux le contact avec la terre. Quand la vitesse est suffisante, la poussée exercée par l'air sous les ailes obliques fait équilibre au poids de l'appareil, et celui-ci est prêt à « décoller ». Le pilote tire alors le levier vers lui, doucement ;



L'AVION ADER. ◪ *Le premier avion qui, après s'être élevé par ses propres moyens, ait volé réellement, en 1896, sur un parcours de 300 mètres, en présence d'une commission d'officiers délégués par le ministre de la Guerre, à Satory.* (Cl. Malcuit.)

l'avion quitte le sol et s'élève : le *vol* est commencé. En tirant toujours graduellement le levier à lui, dans une certaine limite, le pilote augmente la rapidité de l'ascension.

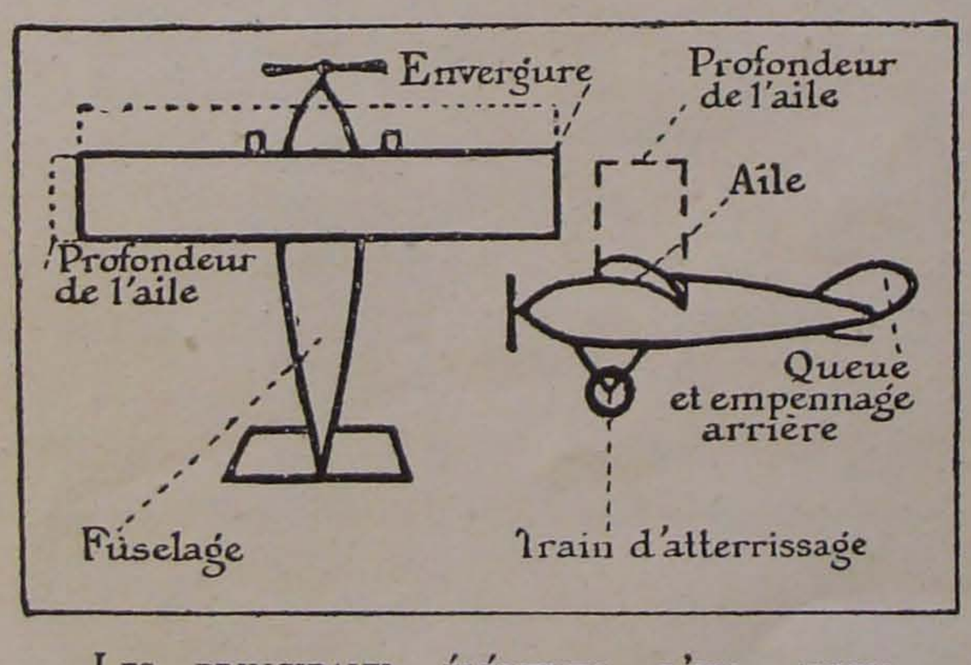


ACTION COMBINÉE DE LA VITESSE DU VENT ET DE LA VITESSE DE PROPULSION. ◪ *L'avion suit la diagonale du parallélogramme construit avec sa vitesse et celle du vent.*

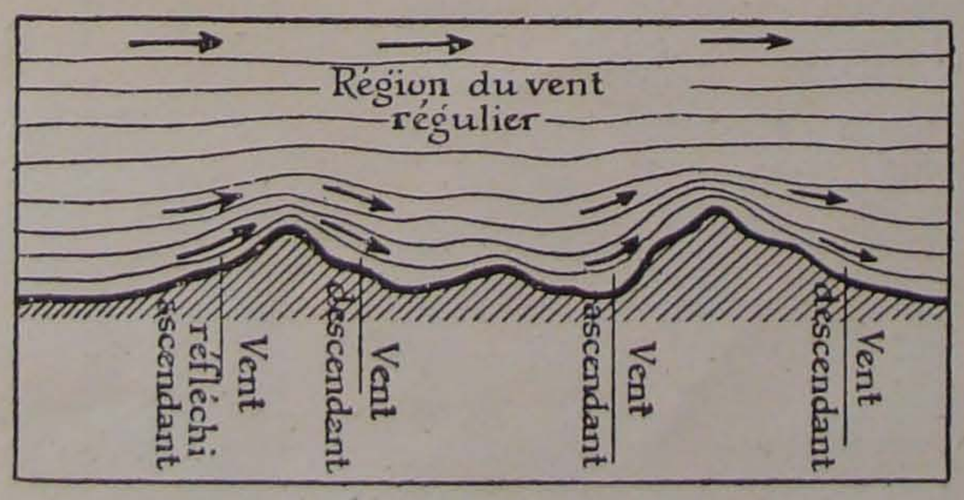
LE PLAFOND.

◪ ◪ Mais l'appareil ne peut s'élever indéfiniment dans l'atmosphère ; il atteint une hauteur *limite* au-dessus de laquelle il ne peut plus monter. C'est cette hauteur limite qu'on appelle le *plafond*. Elle a, pour la plupart de nos avions de type courant, la valeur de 5 000 à 6 000 mètres; sa hauteur dépend du poids de l'appareil, de la puissance de son moteur, de l'étendue et de la forme des surfaces portantes.

Le plafond existe parce que, au fur et à mesure que l'on monte, l'air se raréfie, la quantité d'oxygène fournie au moteur pour chaque coup de piston diminue, et le moteur perd de sa force. Un moteur qui donne 200 chevaux au niveau du sol n'en donne plus que 100 à 3 500 mètres en hauteur. Il arrive donc une altitude où le moteur suffit tout juste à maintenir l'appareil en vol horizontal sans pouvoir l'élever davantage. On dit alors que l'avion est *tangent*. On arrive aujourd'hui à reculer la limite du plafond en envoyant dans le moteur, à l'aide d'une turbine, de l'air *comprimé* qui, en reproduisant la densité au niveau du sol, fournit au moteur la dose d'oxygène nécessaire au maintien de sa force : c'est l'artifice du *turbo-compresseur*, dû à l'éminent technicien Rateau, membre de l'Académie des Sciences.



LES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS D'UN AVION.



EFFETS DES INÉGALITÉS DE TERRAIN. ◪ *La réflexion du vent sur les inégalités du sol fait naître des remous au voisinage de celui-ci. Ce n'est qu'à une altitude supérieure qu'on peut trouver le vent régulier.*

L'ANGLE D'ATTAQUE.

◪ ◪ Nous avons dit que, pour monter, le pilote tirait le levier à lui, ce qui, relevant le gouvernail de profondeur, abaissait la queue de l'avion. L'angle des ailes avec la direction du vent relatif se nomme l'*angle d'attaque* ; on augmente donc cet angle pour monter ; cet accroissement augmente la poussée de l'air sous les ailes et fait monter l'avion. Il existe, pour chaque avion, un *angle d'attaque optimum*, plus avantageux que les autres et qui permet la montée la plus rapide

VOYAGE D'HENRI FARMAN A CHALONS. ø *Le 30 octobre 1908, Farman se rendit sur son biplan du camp de Châlons à Reims. Ce fut le premier voyage effectué au-dessus de la campagne, en dehors d'un aérodrome.* (Cl. Neurdein.)

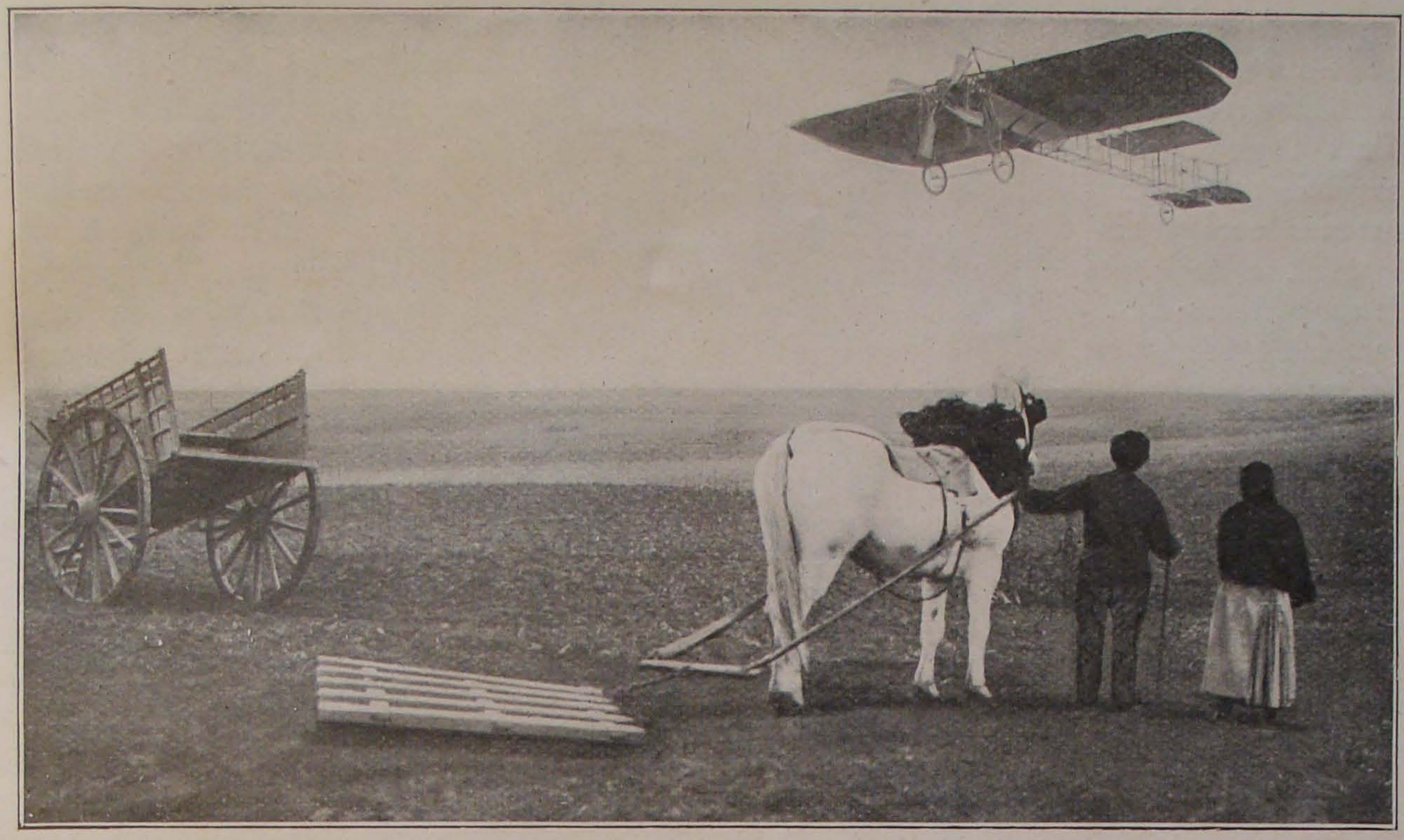
Disons, à titre de renseignement, qu'avec nos derniers avions on compte de quarante à cinquante minutes pour s'élever à 5 000 mètres.

Pour se maintenir en vol horizontal, un bon pilote, en air calme, n'a pour ainsi dire rien à faire ; l'équilibre latéral n'est rompu par aucun remous. Si le moteur a un excédent de force, l'avion a tendance à monter : le pilote combat cette tendance en poussant légèrement le levier. Un bon pilote sait toujours « voler droit » ; les pilotes novices, au contraire, se reconnaissent à ce qu'ils volent en « montagnes russes ».

LES VIRAGES. ø ø Les virages s'obtiennent en poussant le gouvernail de direction, commandé par les pieds du pilote, soit à droite, soit à gauche. Mais il faut remarquer que, par l'effet de la *force centrifuge*, l'aéroplane qui fait un virage doit s'incliner vers l'intérieur pour lutter contre cette force, qui est proportionnelle au carré de la vitesse. Donc, plus on voudra virer *vite* et *court*, plus il faudra incliner l'avion vers l'intérieur du virage. Cette inclinaison s'obtient par le jeu des ailerons, commandé par les déplacements latéraux du levier. Dans le virage horizontal, l'avion, sollicité par la force centrifuge, *dérape* d'autant plus vite que le rayon du virage est plus petit. Pour lutter contre ce dérapage, il faut *augmenter le régime de vitesse du moteur*, sans quoi l'avion peut perdre la vitesse nécessaire à sa sustentation. Le virage horizontal est donc à éviter.

Pour virer norma-

UNE JOURNÉE HISTORIQUE DE L'AVIATION. ø *Louis Blériot traversant la Manche, le 25 juillet 1909, sur son avion monoplan.* (Cl. Rol.)



VOYAGE DE BLÉRIOT DE TOURY A ARTENAY. *Ce parcours, de 14 kilomètres, fut effectué, le 31 octobre 1908, à la vitesse de 85 kilomètres à l'heure. L'aviateur dut atterrir deux fois en cours de route. Il revint ensuite à son point de départ.* (Cl. Rol.)

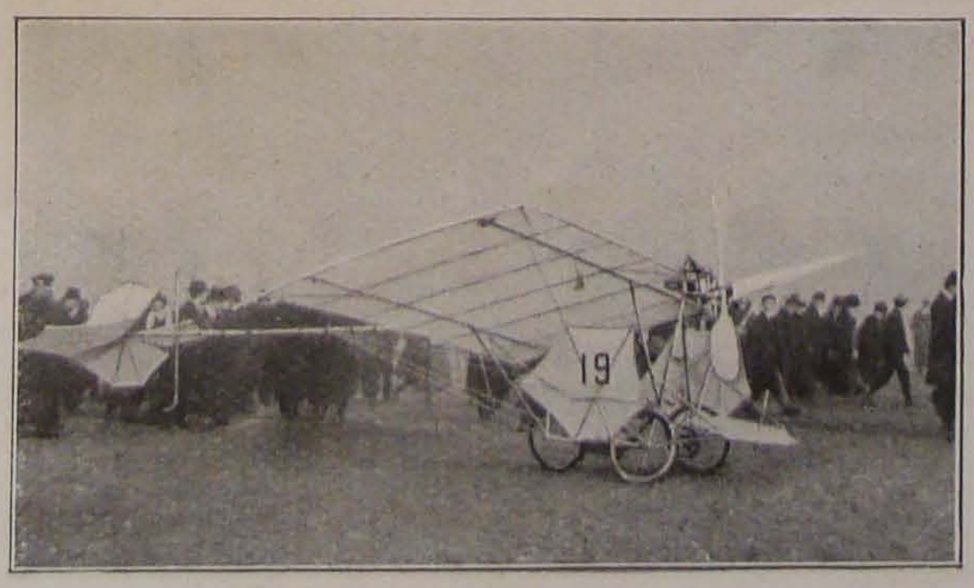
lement, il est bon de « piquer » légèrement afin de prévenir toute perte de vitesse. On pousse alors le pied gauche et le levier à gauche en réglant ces mouvements de façon à obtenir le virage que l'on désire.

Plus le virage sera court, plus l'avion sera incliné, et cela jusqu'au cas limite, où, les ailes étant devenues verticales, il se produit nécessairement ce qu'on appelle l'*inversion des commandes*, c'est-à-dire que le gouvernail de direction devient le gouvernail de profondeur, et réciproquement. Il faut au pilote beaucoup d'expérience et de sang-froid pour continuer à assurer la direction dans ces conditions toutes spéciales.

LA DESCENTE. LE VOL PLANÉ.

Quand le pilote veut descendre, il doit tenir compte de ce que la pesanteur, jusqu'alors force *résistante*, devient force *motrice* et ajoute son action à l'effet du moteur. Il faut donc ralentir le régime de ce dernier. Le mouvement de descente se règle en poussant le levier en avant.

Il peut arriver que, pour une cause quelconque, telle que l'arrêt volontaire ou fortuit du moteur, l'hélice n'exerce plus d'effort propulseur : l'avion doit, alors, descendre par le seul effort de son *poids* en utilisant la résistance de l'air. C'est ce qu'on appelle la descente en *vol plané*. Pour la réaliser, l'aviateur pousse le levier en avant, « pique du nez » ; alors, sous l'action de son poids, il conserve de la vitesse. Si celle-ci est suffisante, les organes de direction conservent leur efficacité. *En air calme*, un avion dont le moteur stoppe à 1 000 mètres d'altitude peut atterrir à une distance de 4 à 8 kilomètres du point au-dessus duquel le moteur a cessé de tourner.

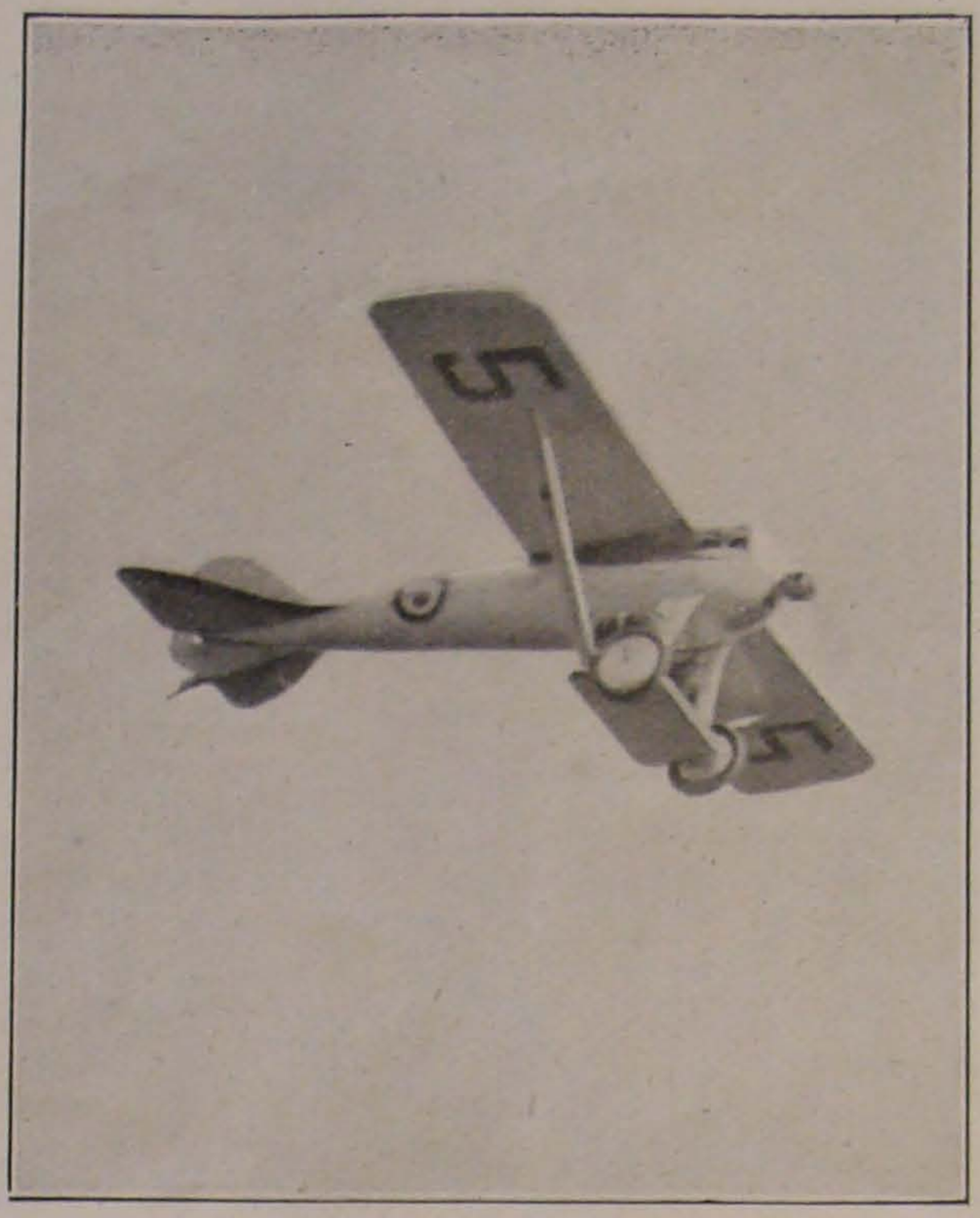


LA « DEMOISELLE » SANTOS-DUMONT. *Au début de l'aviation, les appareils étaient de petites dimensions ; telle la « demoiselle » Santos-Dumont, qui, longue de 6 mètres, pesait 150 kilogrammes.* (Cl. Raffaële.)

L'ATTERRISSAGE.

L'atterrissage, c'est-à-dire la remise en contact de l'avion avec la terre ferme, s'effectue *vent debout*, comme le départ. Le pilote s'approche de terre en vol plané ; arri-

vé près du sol, il redresse son appareil afin d'en diminuer la vitesse. Alors l'avion prend, tangentiellement, contact avec le sol par l'intermédiaire des roues de son « train » élastique. L'atterrissage est toujours une opération délicate, parfois dangereuse, et qui exige tout le sang-froid de l'aviateur.



UN MONOPLAN EN PLEIN VOL. *Photographie prise de la terre. L'hélice tourne si vite qu'elle est absolument invisible sur le cliché.* (Cl. Rol.)

LA HAUTEUR DU VOL. On peut, à première vue, s'imaginer qu'il est plus sûr de voler bas : c'est tout à fait inexact. Près du sol, en effet, se rencontrent les remous causés par le mouvement des masses d'air, rejetées vers le haut par leur réflexion sur les obstacles qui en hérissent la surface. A 3 000 ou 4 000 mètres, au contraire, on n'a pas cela à craindre, et l'on « fait partie de l'atmosphère ». La vitesse du vent se compose avec celle de l'avion, qui est soustrait à toutes les perturbations des couches basses. Le vol à *grande altitude* est donc le vol de *sécurité*.

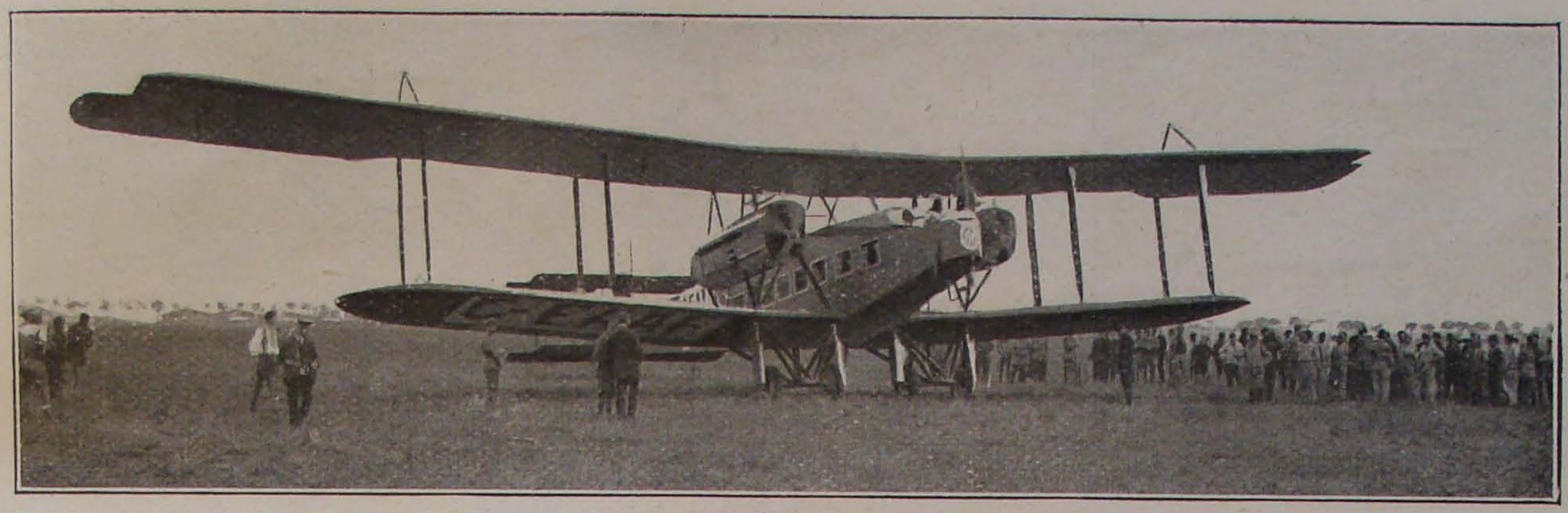
ALTIMÈTRE ENREGISTREUR. *Indique la hauteur atteinte par l'aiguille d'un baromètre enregistreur.*

Disons en passant que la hauteur de 10 000 mètres a été, aujourd'hui, atteinte et dépassée plusieurs fois.

Pour voler à ces hauteurs, les pilotes ont à parer au manque d'oxygène qui agit sur leur respiration et sur le fonctionnement du moteur. La respiration s'effectue, par inhalations, de l'oxygène comprimé, à l'aide de masques spéciaux. Quant au moteur, on lui fournit sa dose d'oxygène en comprimant l'air extérieur à la pression normale à l'aide d'une turbine actionnée par le moteur : c'est le « turbo-compresseur », déjà mentionné.

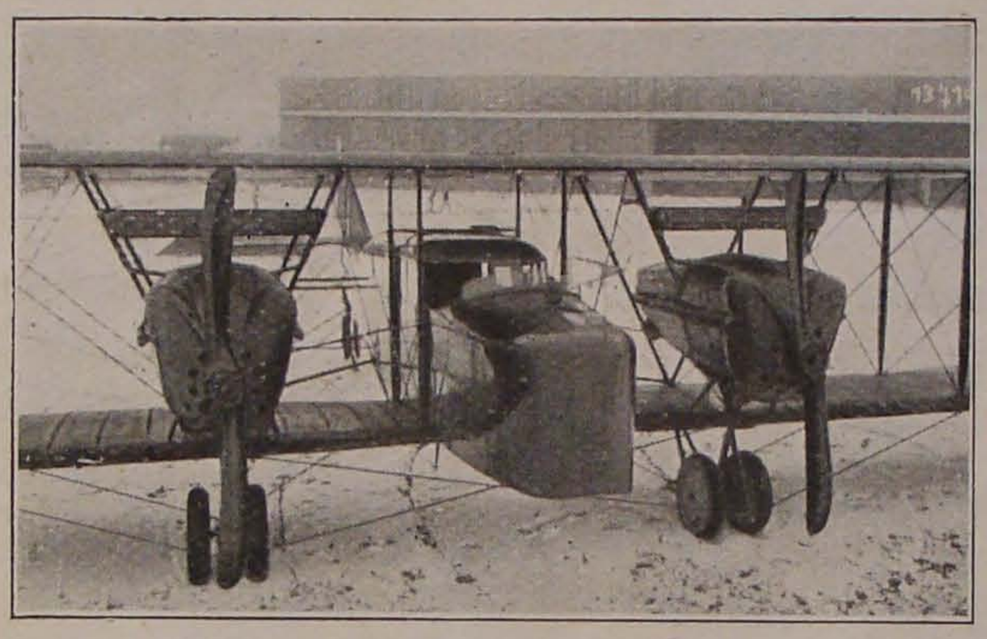
Les aviateurs ont à lutter contre le froid. En moyenne, la température de l'air baisse d'*un degré par 150 mètres d'élévation* ; pour une élévation de *6 000 mètres*, cela représente un abaissement de température de *40 degrés* au-dessous de la température du point de départ. Il n'est pas rare de rencontrer des températures de — 40 degrés, rendues plus pénibles par le « vent » que provoque la marche de l'appa-

UN AVION MONOPLAN ROULANT SUR LE SOL POUR PRENDRE SON ENVOL. *On voit sur cette photographie que l'arrière se soulève déjà ; l'appareil est prêt à « décoller ». Le fuselage, effilé à l'arrière, arrondi à l'avant, est rationnellement conçu afin de ne provoquer ni contre-pression ni remous nuisible.* (Cl. Rol.)



UN AVION ANGLAIS «HANDLEY-PAGE». ø *Les « Handley-Page », de même que les « Goliaths » de Farman et les « Léviathans » de Bréguet, sont des appareils de grandes dimensions constituant la catégorie des avions géants. Des appareils de ce type assurent le service quotidien des voyageurs entre Londres et Paris (12 places).* (Cl. Rol.)

reil. On combat ces froids intenses à l'aide de chaufferettes alimentées par le gaz d'échappement et par des « vêtements chauffants » dont le tissu, comportant une trame métallique, est chauffé par le courant d'une petite dynamo spéciale.



UN PETIT AVION DE TOURISME. ø *A côté des géants de l'aviation de l'heure présente, on construit de petits appareils destinés au tourisme aérien. Voici un petit « Goliath » à train d'atterrissage double et à 5 places.* (Cl. Rol.)

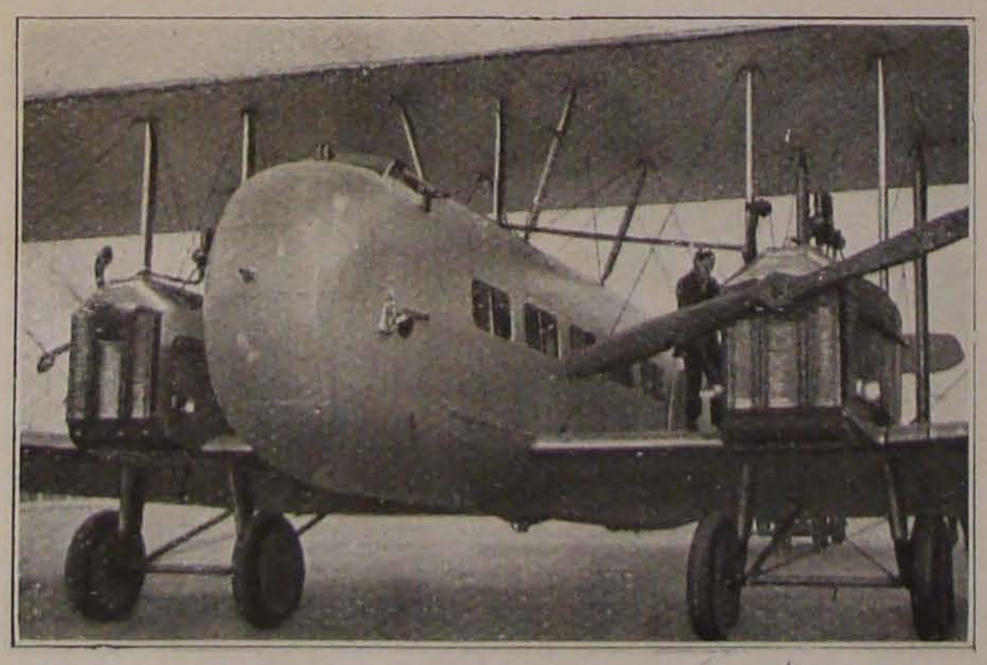
LE PASSÉ DE L'AVIATION.

ø ø L'aviation est un mode de locomotion tout moderne. Certes le rêve de l'homme a toujours été de « voler », mais ce n'est qu'au cours du XIX^e^ siècle que des projets ou des essais sérieux furent tentés. Les deux vrais précurseurs furent l'Anglais Sir John Cayley, qui, en 1809, décrivit un projet d'avion *absolument complet* avec les ailes, l'empennage, l'hélice et le moteur. Le second précurseur, mais qui, lui, fit des *essais*, fut *Ader*, qui, en 1896, en présence d'une commission d'officiers, réussit à élever un avion et à lui faire parcourir 300 mètres à Satory.

L'Allemand Lilienthal s'était attaché au problème du vol à voile ; fixant à son corps des ailes et une queue, il s'élança du haut d'une tour et réussit ainsi des vols horizontaux allant jusqu'à 300 mètres. Il se tua à son millième vol, en 1906. Le Français Chanute, établi en Amérique, continuant ces recherches, démontra l'intérêt du *biplan*, ouvrant ainsi la voie aux frères Wright. Ceux-ci réalisèrent un avion qu'il fallait, il est vrai, *lancer* artificiellement, mais qui pouvait *voler* et même emmener un passager. Les expériences furent répétées près du Mans, au camp d'Auvours, et furent entourées d'une publicité formidable, qui étouffait complètement les efforts si remarquables et si persévérants des aviateurs français. Cela se passait en 1908.

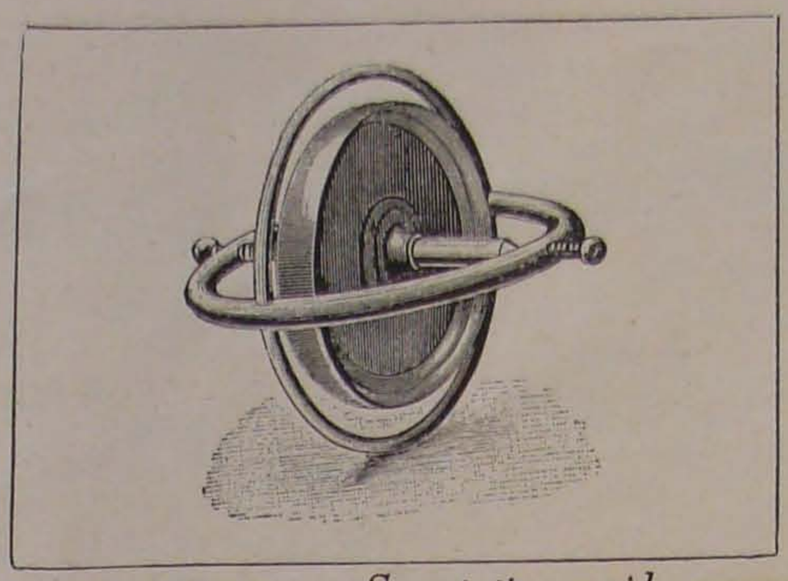
Mais ceux-ci eurent vite fait de prendre leur revanche, en produisant des avions se lançant *seuls* et faisant de véritables voyages. Déjà, en 1906, *deux ans avant les Wright*, Santos-Dumont effectuait un vol de 100 mètres ; et, le 13 janvier 1908, Henri Farman effectuait un kilomètre en circuit fermé.

Alors vinrent les deux journées historiques de l'aviation : le 30 octobre, Henri Far-



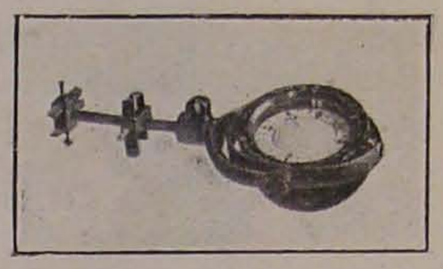
L'AVION ANGLAIS LE « VIMY ». ø *Type d'un des avions faisant le transport des passagers entre la France et l'Angleterre. Cet avion parcourut d'une seule traite la distance entre Terre-Neuve et l'Islande en 15 heures.* (Cl. Rol.)

INDICATEUR DE VITESSE. *Plus l'avion va vite, plus le moulinet tourne rapidement. Le cadran compte ses tours.*



UN GYROSCOPE. *Sa rotation rapide assure la stabilité de son plan. On cherche à en généraliser l'emploi pour stabiliser les avions en cours de route.*

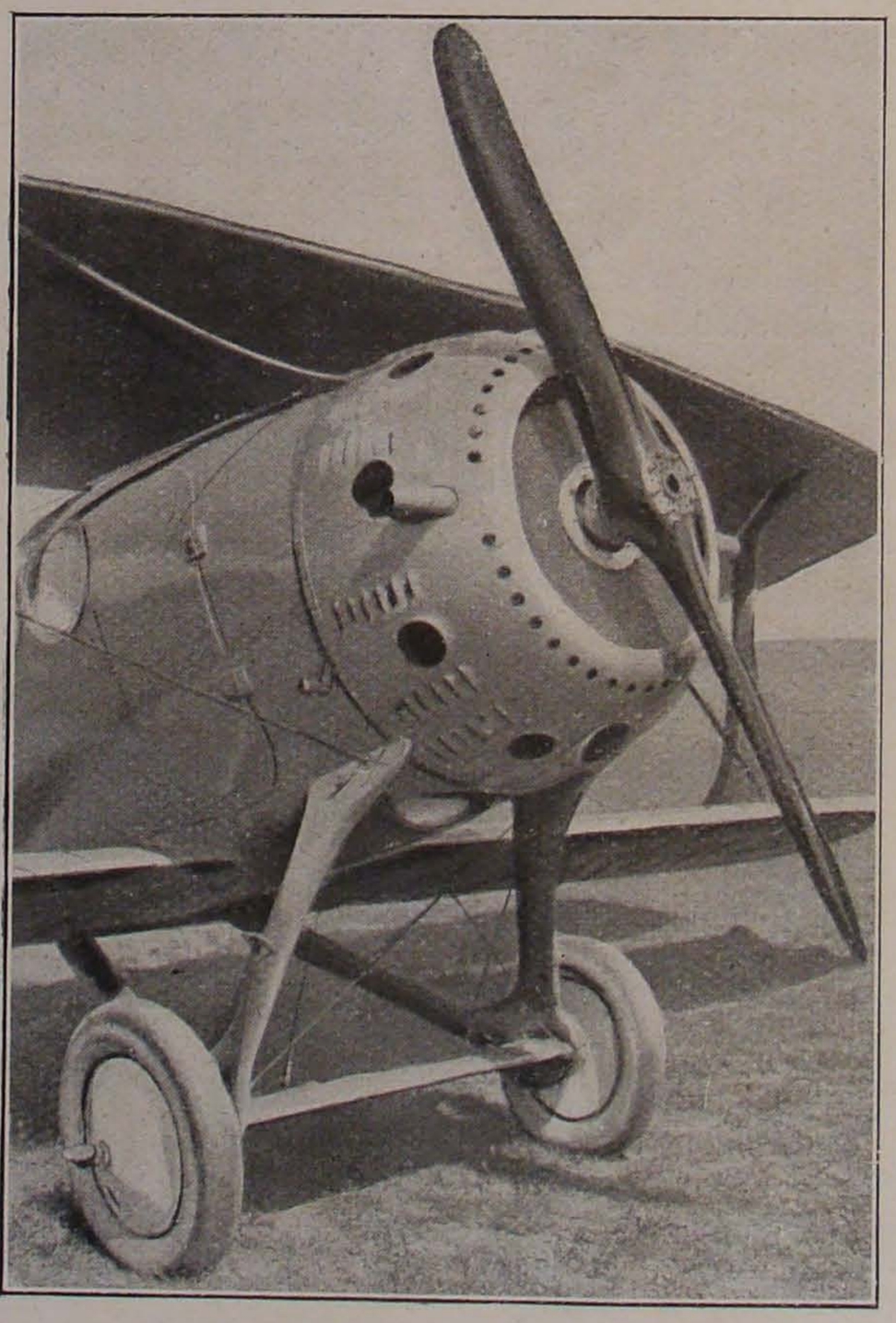
GÉNÉRATRICE ÉLECTRIQUE A HÉLICE. *La petite hélice mue par le vent de l'avion actionne une dynamo.*



BOUSSOLE A COMPENSATION. *Des aimants compensent l'action perturbatrice des pièces de fer de l'avion.*

man effectua un *voyage* ; il alla du camp de Châlons à Reims à la vitesse de 79 kilomètres à l'heure ; et le lendemain, 31 octobre 1908, Blériot accomplissait, en *circuit fermé*, le voyage de Toury à Artenay et retour, avec la vitesse de 85 kilomètres à l'heure. A partir de ce moment, l'aviation *pratique* était née. Et quand Blériot, le 25 juillet 1909, eut traversé la Manche d'un seul vol, on put dire avec un patriotique orgueil que, grâce aux efforts des aviateurs français, l'homme avait réalisé la CONQUÊTE DE L'AIR.

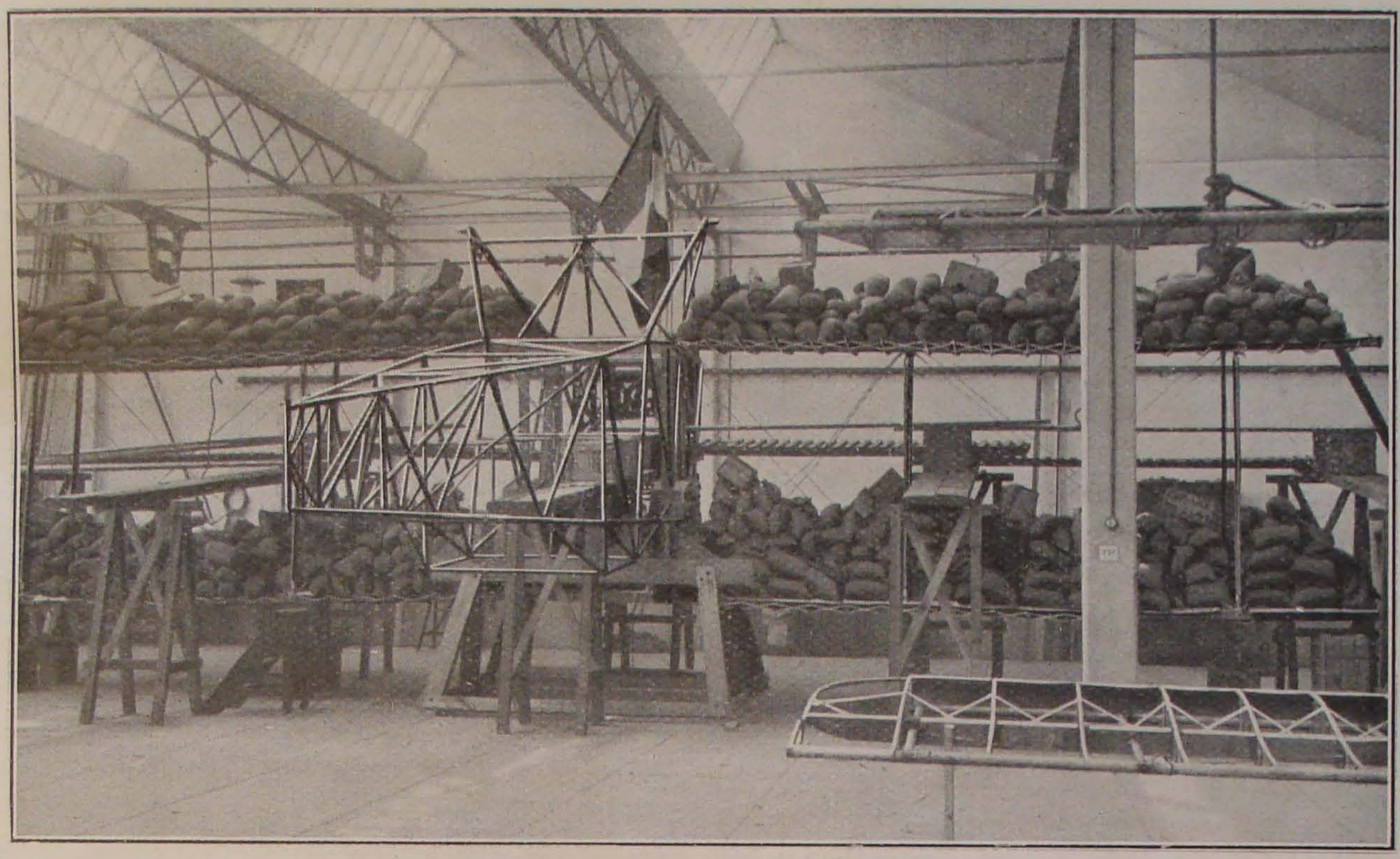
LE PRÉSENT DE L'AVIATION. Aussitôt le nouveau mode de locomotion mis au point, les hommes, ne faisant en cela qu'imiter tous les êtres de la nature, cherchèrent à l'utiliser pour s'entre-détruire, et l'aviation, destinée à supprimer les distances qui séparent les peuples, devint une chose « militaire » : ce fut la *cinquième arme*.



TRAIN D'ATTERRISSAGE SIMPLE. *Il est composé de deux roues et de deux supports en V, adaptés à un avion* Spad. (Cl. Rol.)

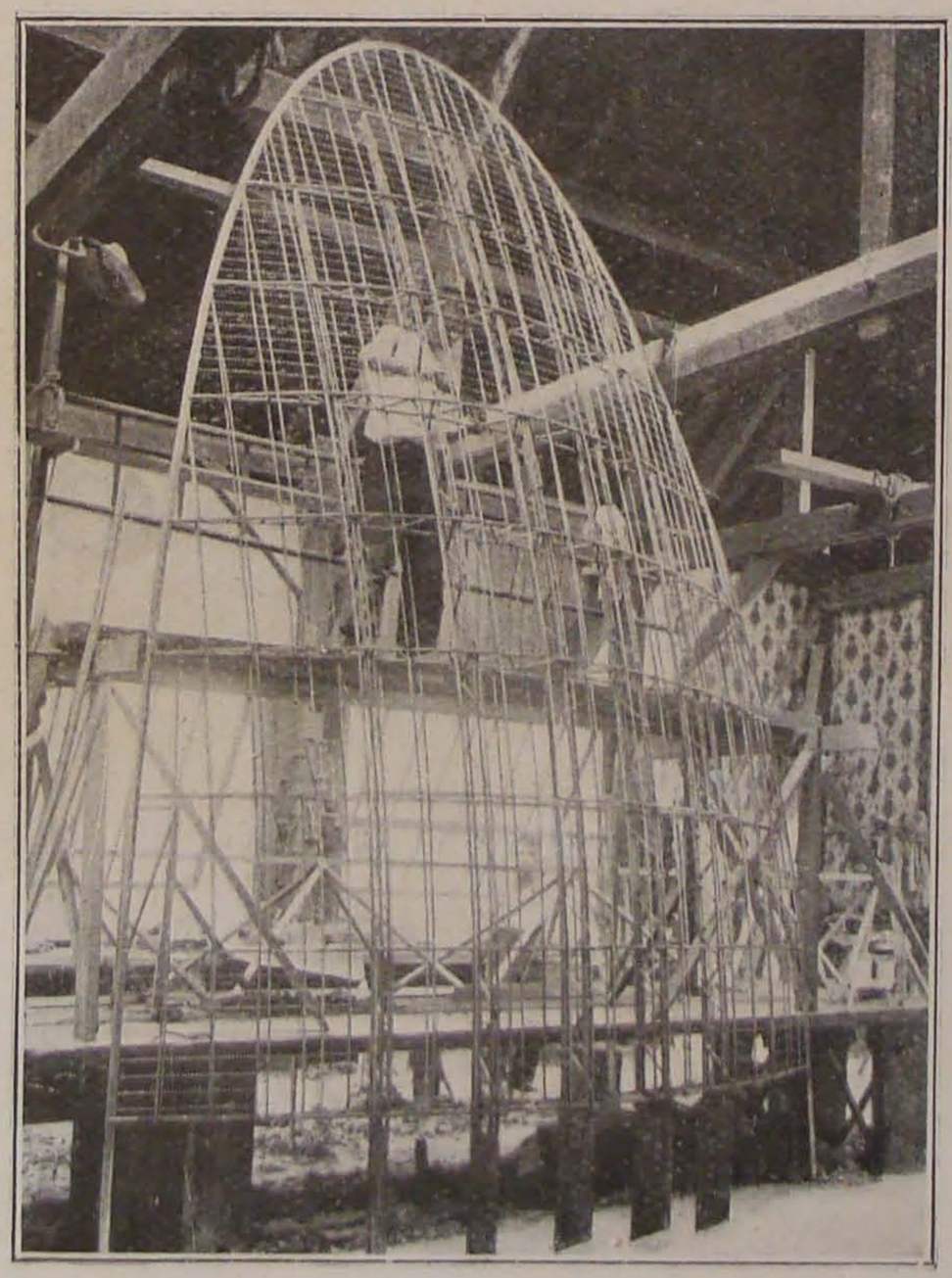
Les Allemands s'étaient laissé distancer au début par nos aviateurs, hypnotisés qu'ils étaient par leurs Zeppelins « colossaux » : ils eurent vite fait, avec leur esprit d'organisation, de nous rattraper, et, au commencement de la guerre de 1914, ils avaient une aviation militaire parfaitement ordonnée, alors que la nôtre était faite, pour ainsi dire, d'efforts individuels. Mais les Alliés surent rapidement reprendre leur avance de jadis, et l'aviation anglo-française fut un des grands facteurs de la victoire de 1918.

On peut dire que les quatre années de guerre ont fait faire à l'aviation plus de progrès que quarante années de paix : cela se comprend. Pour faire progresser une découverte comme l'aviation, qui lutte contre une « force de la nature », il faut nécessairement risquer des vies humaines. On hésite à le faire en temps de paix, tandis qu'en temps de guerre une vie humaine de plus ou de moins ne compte pas : c'est



AVION MÉTALLIQUE AUX ESSAIS STATIQUES. ø *Pour garantir le maximum de sécurité aux passagers, les ailes des avions retournés sont chargées de poids égaux à quatre, cinq ou six fois la pression qu'ils auront à supporter en dessous, de la part de l'air.*

une goutte d'eau dans l'océan des héros tombés pour la patrie. Actuellement, les avions atteignent et dépassent la vitesse de 300 kilomètres à l'heure : celle de 400 a même été, momentanément, atteinte en Amérique (1920). Alors qu'au début de l'aviation on avait des avions très petits, comme la « demoiselle » de Santos-Dumont, pesant *en tout* 150 kilos, ayant 6 mètres de long et 5 mètres d'envergure, on tend aujourd'hui à construire des avions de très grandes dimensions, dont les *Gothas* allemands ont fourni les premiers types, bien dépassés actuellement par les aéroplanes français et anglais. Les *Goliaths* de Farman, les *Léviathans* de Bréguet, les *Handley-Page* anglais sont des « avions géants ». L'avion désormais célèbre, le *Vimy*, qui, piloté par le lieutenant Alcock, parcourut d'*une seule traite* la distance entre Terre-Neuve et l'Islande, en quinze heures, réalisant ainsi la première traversée aérienne de l'Atlantique *sans escale*, avait une envergure de 25 mètres et était propulsé par deux moteurs indépendants de 375 chevaux chacun, soit 750 chevaux en tout. Et l'on a en construction des avions encore plus grands, avec plusieurs moteurs : la sécurité est alors assurée. Une panne de l'un d'eux ne laisse pas l'avion désarmé ; il peut voler avec les autres, moins vite, mais sûrement.

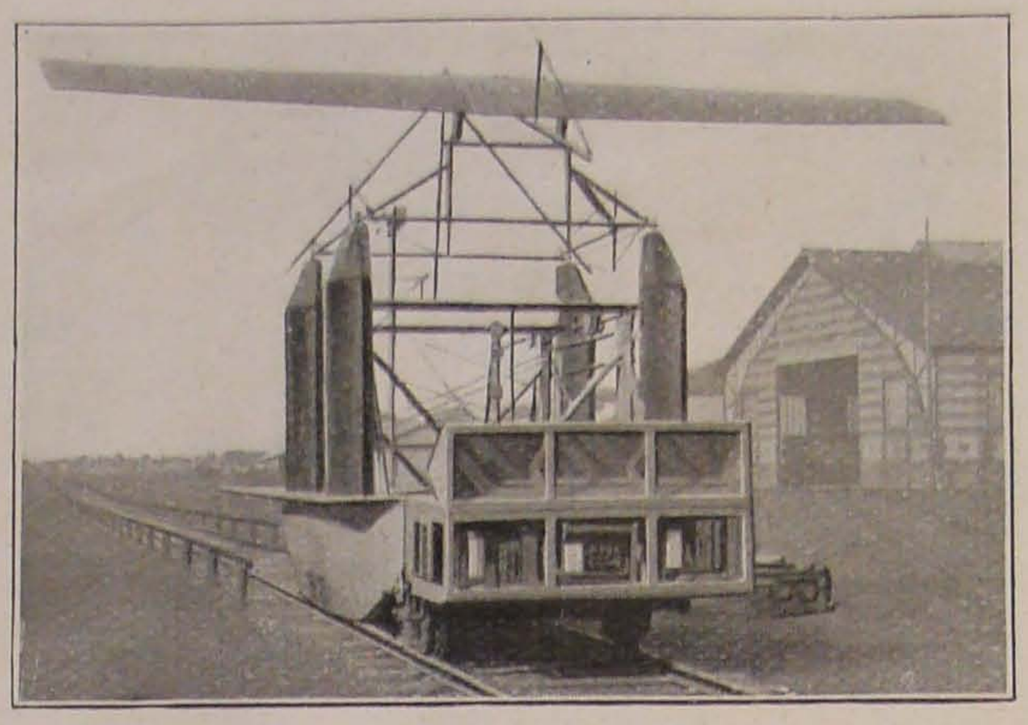


CONSTRUCTION D'UNE AILE D'AÉROPLANE FERBER. ø *On établit ici le châssis, avec ses nervures longitudinales et transversales.* (Cl. Rol.)

On peut donc affirmer que, dans l'état

présent de l'aviation, on peut avoir des avions pouvant enlever huit ou dix personnes et marcher normalement à la vitesse de 200 kilomètres à l'heure.

Quant aux risques d'accidents, ils sont minimes à mesure que le matériel s'améliore et que les pilotes se perfectionnent. Étant donnée la recrudescence menaçante du nombre des accidents de chemin de fer, l'aviation ne présente pas plus de danger que les transports par voie ferrée.



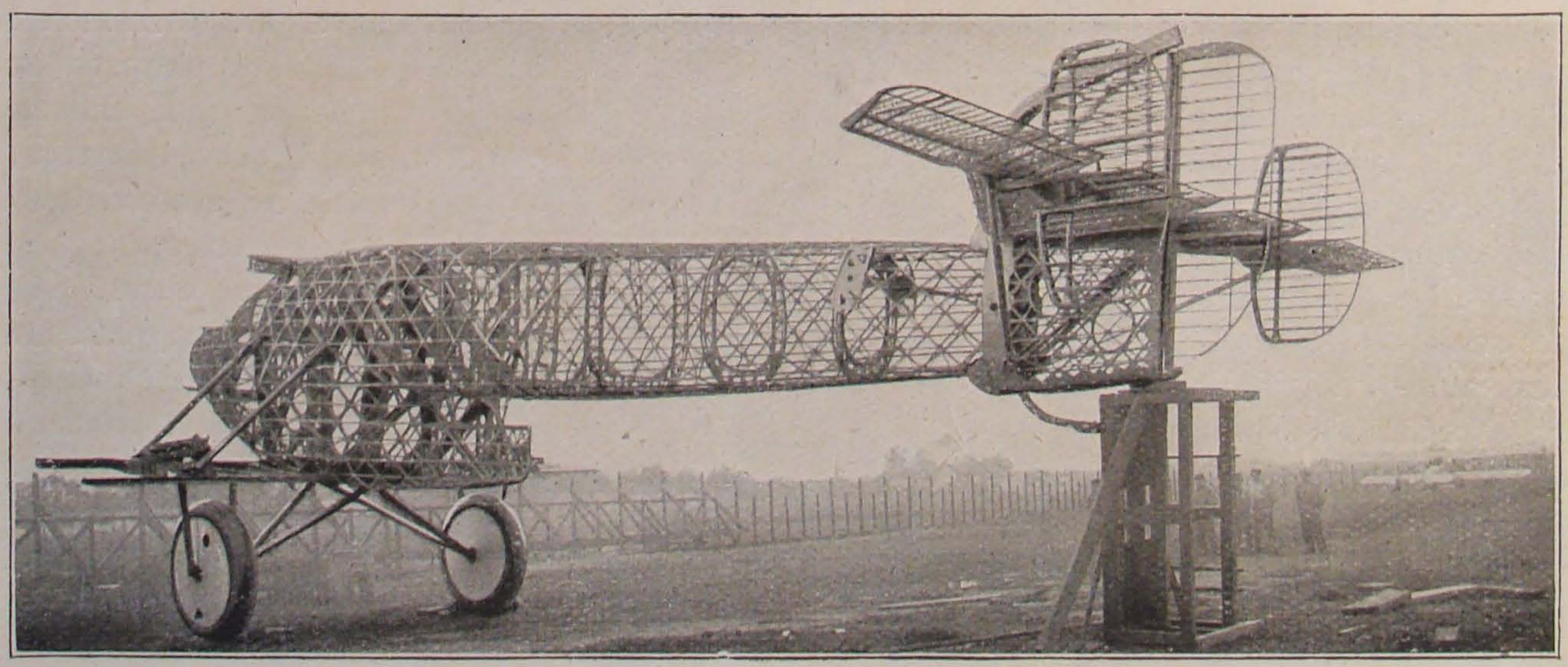
CHARIOT AÉRODYNAMIQUE. *Cet appareil sert à éprouver la résistance des ailes d'aéroplane. Il a été mis en pratique pour la première fois par le duc de Guiche.*

COMMENT L'AVION NAVIGUE-T-IL ? La conduite de l'avion exige de la part du pilote une attention constante : celui-ci doit, en effet, maintenir l'avion dans la *direction* choisie et, en même temps, assurer la *stabilité* de l'appareil par la manœuvre des ailerons et du gouvernail, afin d'assurer également la *sécurité* des passagers. Aussi, sauf dans les cas exceptionnels des avions de *chasse* employés pendant la guerre par les plus héroïques de nos « as », le service d'un avion exige-t-il au moins *deux* personnes : l'une chargée du moteur, c'est le *mécanicien* ; l'autre de la manœuvre et de la direction de l'appareil, c'est le *pilote*.

On a bien cherché à trouver des *stabilisateurs* automatiques, réalisant, sans l'intervention du pilote, la stabilité permanente de l'aéroplane. On a, en particulier, fait appel aux propriétés si remarquables du gyroscope. Les résultats ont été encourageants ; aucun ne paraît avoir donné, jusqu'à présent, de solution définitive.

Un autre problème est celui de la route. Au-dessus d'un terrain visible dont on possède la carte, on se dirige à l'aide de repères sur le sol. Au-dessus de la mer ou par brume, la direction est indiquée par l'aiguille d'une boussole, d'un « compas », comme disent les marins, auquel on adjoint latéralement des aimants, dont on règle la position de façon à faire *compenser*, par leur action, l'effet perturbateur du fer de l'avion sur l'aiguille aimantée.

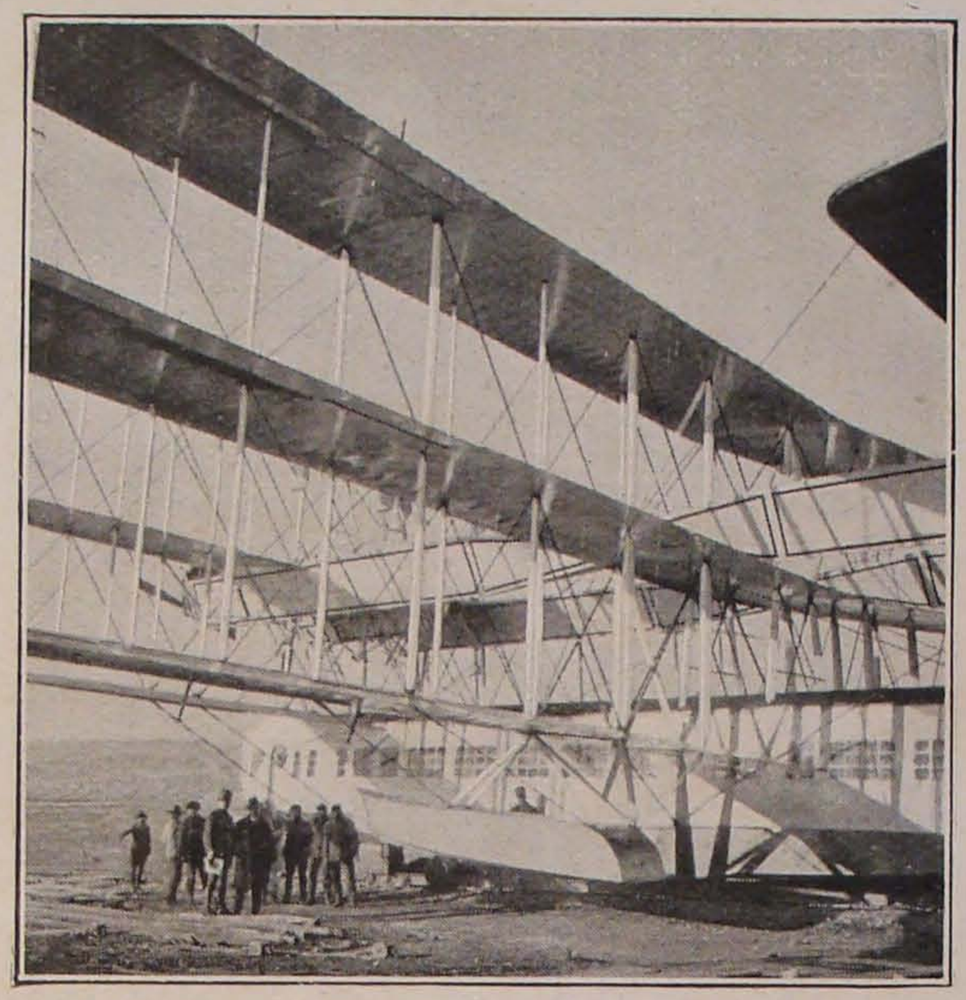
Mais, en naviguant « à la boussole », le pilote n'est assuré que de marcher *parallèlement* à une direction fixe : il peut subir, de la part du vent, une *dérive* latérale qu'il lui importe de connaître. S'il vole au-dessus d'un terrain qu'il puisse apercevoir et identifier sur la carte, il peut rectifier sa route et corriger son écart. D'ingénieux appareils, imaginés par le lieutenant Le Prieur, permettent ainsi de connaître la dérive. Mais, si l'avion navigue



ASPECT DE LA CARCASSE D'UN FUSELAGE D'AÉROPLANE. *Ce fuselage est en duralumin (alliage d'aluminium). Nombreux sont les constructeurs qui n'utilisent plus que le métal pour établir les organes essentiels des avions.*

au-dessus d'une mer de nuages ou au-dessus de l'océan, la ressource de l'identification avec la carte n'est plus possible. Il faut alors s'en rapporter à la seule *estime* de la route, d'après la vitesse et la direction de l'avion, jusqu'à ce qu'on ait trouvé un moyen *simple et rapide* de faire instantanément le *point* par des observations astronomiques.

Mais, bientôt, on peut espérer que les postes d'émissions des signaux de T. S. F. seront assez nombreux et assez puissants pour qu'un avion quelconque, volant dans des parages quelconques, puisse recevoir et orienter la direction de trois de ces signaux, ce qui lui indiquera exactement sa position au-dessus de la surface du sol. C'est là la navigation aérienne de l'avenir.



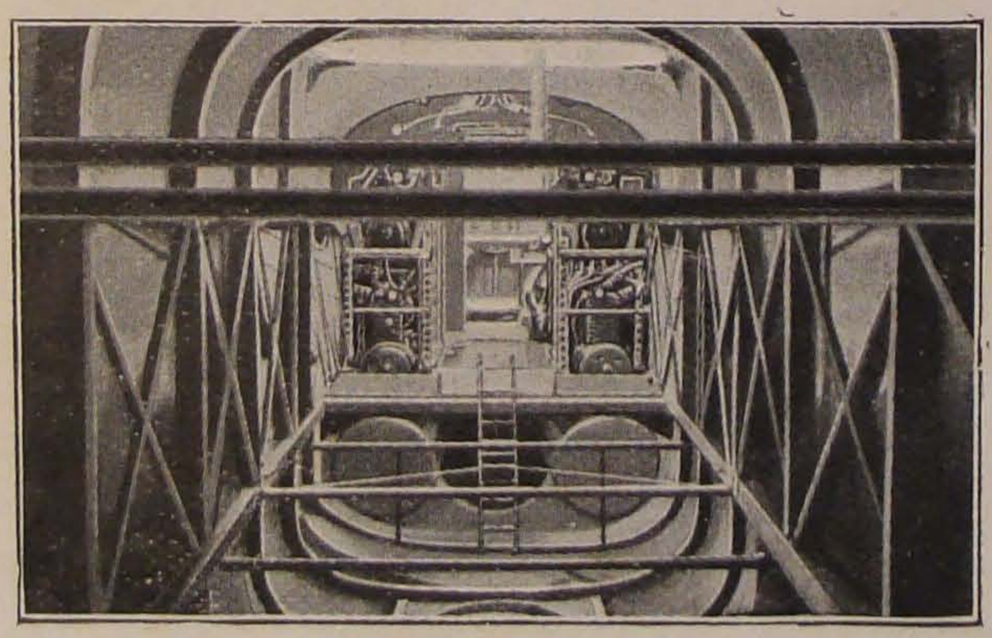
TRIPLAN TRICELLULAIRE CAPRONI (*1921*). ∅ *Le plus grand avion qui ait été construit. Il fut détruit lors de ses essais ; il avait huit moteurs et huit hélices.* (Cl. Sterza.)

L'AVIETTE. ∅ ∅ Ne terminons pas ce qui concerne le *présent* de l'aviation sans parler d'un problème qui passionne tous les sportsmen : nous voulons parler de l'*aviette* ou de l'*aérocycle*, c'est-à-dire d'un appareil d'aviation qui pourrait enlever un homme sans autre moteur que la musculature de l'aviateur. On a pensé utiliser, pour cela, les merveilleuses propriétés de la bicyclette et les étonnantes performances de ses champions.

Le 14 août 1919, un champion cycliste, Gabriel Poulain, a pu parcourir 12 mètres en longueur, à un mètre au-dessus du sol. Il avait, à cet effet, muni une bicyclette d'un système d'*ailes* très légères de 6 mètres d'envergure. Quand la bicyclette avait une vitesse suffisante, par un déplacement du poids, il *inclinait* les ailes sous un angle d'attaque qui permettait l'envol et réalisait ainsi le « vol du décamètre », objet d'un prix proposé aux sportsmen.

Cette prouesse exceptionnelle est-elle la solution générale du problème du *vol humain* ? Nous ne le croyons pas. Le calcul montre que, pour soutenir et *entretenir* le vol continu d'un homme, une force minima de 3 chevaux est nécessaire. Un individu peut, par effort exceptionnel, réaliser cet exploit pendant les quelques secondes que dure la courte envolée, mais aucune musculature humaine ne serait capable de soutenir l'effort pendant une durée de temps un peu prolongée.

Si donc la date du 14 août 1919 est mémorable dans les annales de l'aviation, puisqu'elle marque le jour où un homme s'est élevé de terre par ses propres moyens, on peut craindre que le résultat obtenu par un champion ne soit pas le résultat accessible à tous, et l'on peut craindre aussi qu'il ne faille renoncer à l'*aérocycle* pratique. Mais il sera question, à la fin de ces pages, des nouveaux engins appelés *avions sans moteur* ou *avions à faible moteur*, qui viennent de faire leur apparition avec un succès plein de promesses.



VUE INTÉRIEURE D'UN AVION GÉANT ALLEMAND. ∅ *En bas, les deux réservoirs d'essence ; au-dessus, les quatre moteurs répartis en deux étages ; au centre, le couloir d'inspection des moteurs ; tout au fond, le poste de pilotage.*

LA CONSTRUCTION DES AVIONS. ∅ ∅ La construction des appareils d'aviation a, au cours des années de guerre, évolué d'une façon très

nette, grâce aux leçons qu'on a pu retirer de ces dures années d'épreuves.

Au début de l'aviation, on cherchait, avant tout, à « faire léger ». Aussi avait-on adopté des poutres en treillis, et abusait-on souvent du haubannage et des entretoises en fil d'acier tendu. On expérimentait les poutres ainsi construites, et, quand on mettait sur pied un projet nouveau, on n'osait guère s'écarter du domaine fourni par ces expériences, où le calcul n'avait qu'une faible part.

L'AVIETTE DE POULAIN. ⌀ *Le cycliste a enlevé le prix Peugeot, qui exigeait un envol sur une longueur de 10 m. uniquement par l'énergie musculaire du passager.* (Cl. Rol.)

Cependant, quelques constructeurs ont changé ces manières de faire un peu trop empiriques. Ils ont simplifié le problème en adoptant des cellules constituées par des poutres simples dont les efforts sont aisément calculables.

On a proscrit, de plus en plus, l'emploi des câbles dans les cellules, et l'on se tourne vers les systèmes triangulés à barres rigides. En outre, on conduit les calculs de résistance autrement qu'au début. En 1910, on calculait les caractéristiques d'un appareil d'après la vitesse *maxima* qu'il devait fournir en vol horizontal, après quoi on multipliait le tout par un certain « coefficient ». Mais les résultats ainsi obtenus sont tout à fait insuffisants si l'avion est destiné, comme l'étaient les avions de chasse pendant la guerre, à exécuter des acrobaties : virages sur l'aile, redressements brusques, etc.... Si un appareil peut faire normalement 300 kilomètres à l'heure en vol horizontal, il pourra avoir à résister, au cours d'exercices comme ceux dont nous venons de parler, à des vitesses qui, accidentellement, peuvent atteindre 400 à 500 kilomètres. Les ailes, les organes, les fuselages doivent pouvoir résister à ces pressions : il faut donc les prévoir quand on établit un projet d'avion.

La question des hélices doit, de plus en plus, être étudiée avec le plus grand soin. On s'aperçoit chaque jour qu'une hélice unique, à pas constant, ne peut plus suffire. Une hélice, calculée pour donner la meilleure utilisation avec une vitesse de rotation déterminée, ne « rendra » pas aussi bien quand la vitesse de rotation de la machine, variera pour une cause quelconque. Aussi a-t-on été amené à envisager les hélices *à pas variable* dont la navigation maritime nous avait déjà donné l'exemple sous la forme, bien connue, de l'hélice *réversible*.

TYPE D'EMPENNAGE ARRIÈRE CAUDRON. ⌀ *Les deux hommes donnent l'échelle de la construction.* (Cl. Rol.)

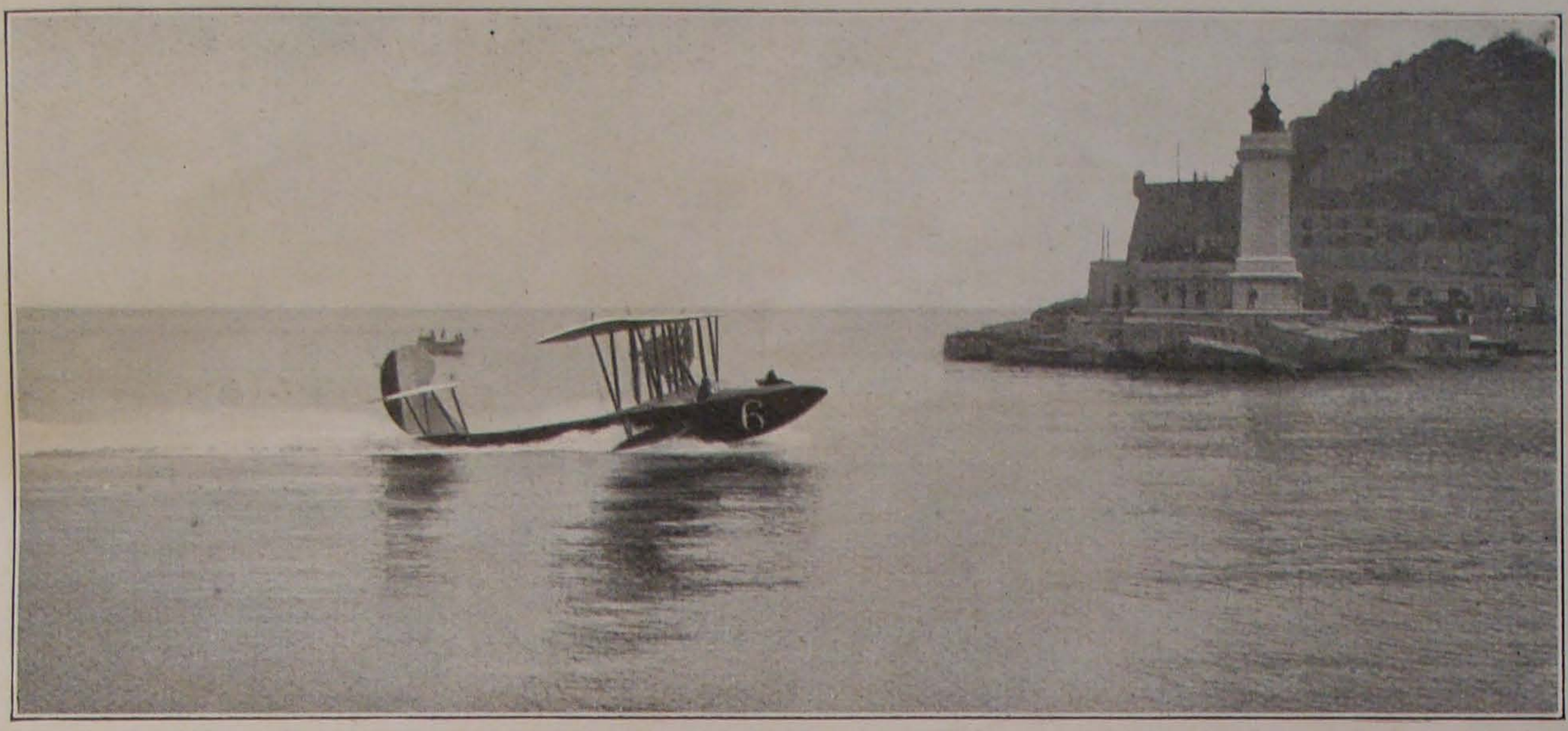
Enfin, en ce qui concerne la construction proprement dite, on tend de plus en plus, surtout pour les grands avions, à adopter la construction métallique plus conforme aux procédés de l'industrie moderne. Et les moteurs rotatifs vont faire place, à peu près exclusivement, aux moteurs fixes.

Tels sont les caractères essentiels des nouvelles constructions aéronautiques.

Disons, à titre de renseignement, que, à l'heure actuelle, le prix moyen d'un avion du genre des avions biplans Breguet, par exemple, pouvant emmener trois personnes, est d'environ 30 000 francs sans le moteur et de 50 000 avec ses moteurs. Ces prix, naturellement, ne sont que des indications, étant données les fluctuations que subissent aujourd'hui tous les prix de revient.

Quant aux grands avions (*Goliath* ou *Léviathan*), leur prix peut dépasser un million de francs.

Ces quelques chiffres montrent tout l'intérêt qu'il y aurait à réaliser de petits avions munis de moteurs de faible puissance, mais permettant, cependant, de s'élever et de naviguer avec sécurité : c'est la solution de l'« avionnette », véritable instrument du tourisme aérien.



UN HYDRAVION A COQUE A L'ENTRÉE DU PORT DE MONACO. *Cet hydravion peut flotter sur l'eau à l'aide de son fuselage, qui est étanche et forme une véritable coque de bateau. Il possède à la fois une excellente pénétration dans l'air et une navigabilité très suffisante en mer.* (Cl. Rol.)

CHAPITRE V

L'AVIATION DE L'AVENIR

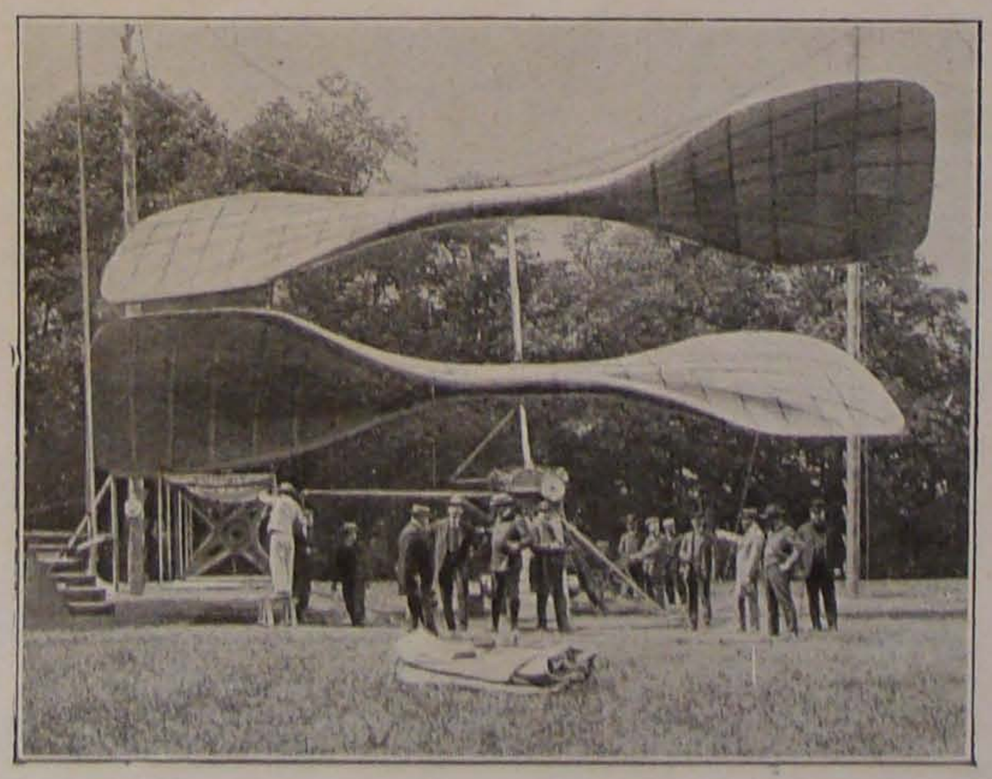
LE PROBLÈME DE L'HÉLICOPTÈRE. On sait que c'est par l'hélicoptère qu'ont commencé les premiers essais du « plus lourd que l'air ». Ponton d'Amécourt et de la Landelle avaient même construit un modèle réduit d'hélicoptère actionné par une petite machine à vapeur, et dans lequel deux hélices, dont l'une avait son axe tournant en sens inverse de l'autre, exerçaient un effort vertical.

Mais ces essais demeurèrent infructueux. L'ingénieur Léger, avec l'aide du Prince de Monaco, avait, il est vrai, construit un hélicoptère actionné par un moteur à essence, mais cet appareil n'avait jamais « volé ». Et, entre temps, l'aéroplane, depuis les essais d'Ader, avait si rapidement pris position que les efforts des inventeurs se tournaient et se tournent encore vers ses perfectionnements.

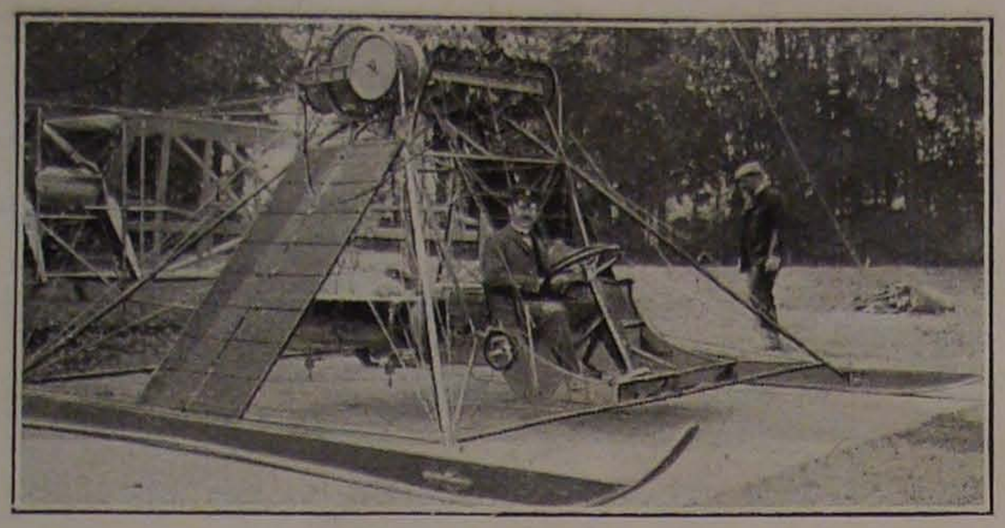
Cependant quelques chercheurs ne restaient pas inactifs. Le grand défaut de l'avion, il faut bien le reconnaître, c'est la nécessité d'un terrain fort étendu pour pouvoir s'envoler et atterrir avec sécurité. Combien serait-il préférable d'avoir un appareil susceptible de s'enlever verticalement et, de plus, susceptible de « planer » immobile au-dessus d'un point du sol, alors que l'avion, pour se soutenir dans l'atmosphère, est condamné à s'y mouvoir perpétuellement dans le sens horizontal.

C'est pourquoi des chercheurs obstinés se sont acharnés à la résolution du problème de l'hélicoptère pratique ; on peut dire que, actuellement, la solution en est donnée.

Mentionnons le projet de M. Lacoin, professeur à l'Ecole Centrale : une sorte de fuselage avec une poutre transversale vers l'avant cette poutre supportant à chacune de ses extrémités une hélice à larges ailes orientables. Les deux hélices tournent en sens contraire, et leur surface, les pales étant



LES HÉLICES D'UN HÉLICOPTÈRE LÉGER. *Cet appareil fut essayé sous les auspices du prince de Monaco. Les deux hélices tournaient en sens inverse l'une de l'autre, pour éviter l'entraînement rotatif de l'appareil.* (Cl. Bourée.)

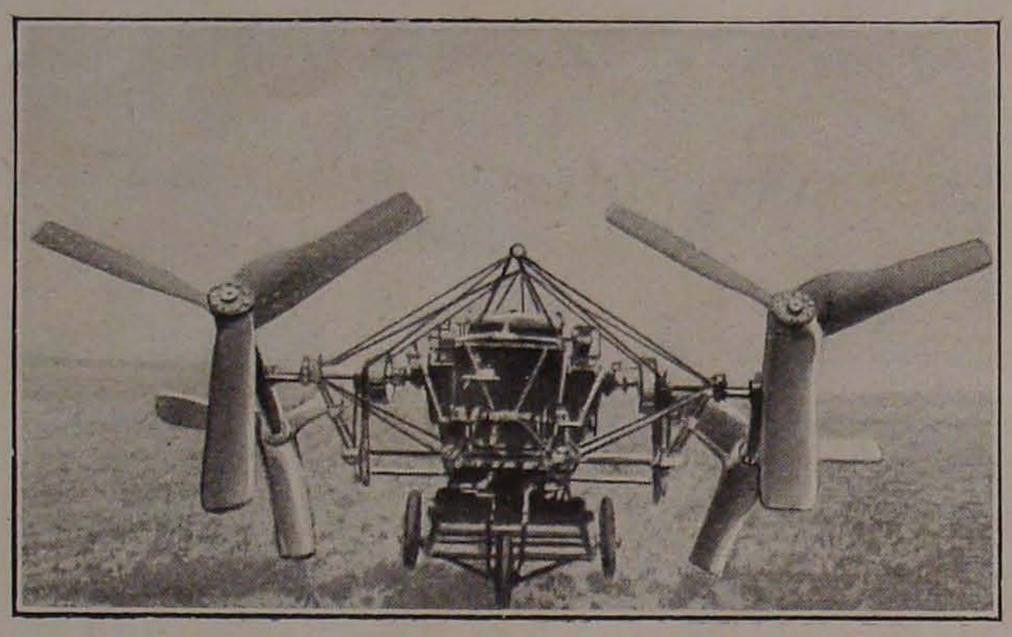


HÉLICOPTÈRE DE L'INGÉNIEUR LÉGER. *Le moteur était à essence ; l'appareil n'a jamais « volé ».* (Cl. Bourée.)

HÉLICOPTÈRE ŒHMICHEN. *L'appareil, à surfaces tournantes, repose sur le quai du port de Monaco.* (Cl. Rol.)

horizontales, est suffisante pour freiner complètement la descente. Cet appareil est encore à l'état d'étude à l'heure où ces lignes sont écrites.

Tout autres sont deux appareils qui font espérer des résultats pratiques : l'un est l'hélicoptère construit à Barcelone par l'ingénieur espagnol Pescarra, l'autre est l'hélicoptère construit à Valentigney (Doubs) par M. Œhmichen, ingénieur des usines Peugeot.



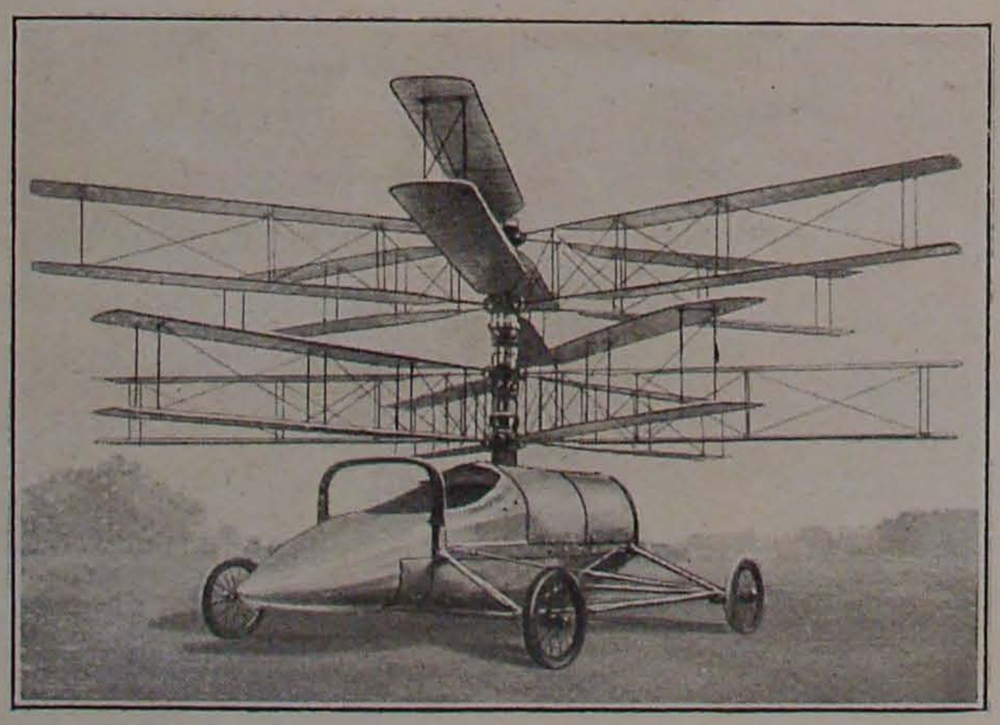
HÉLICOPTÈRE LEINWEBER. *Appareil à deux paires d'hélices inclinables produisant l'élévation et la propulsion.*

Le premier est un hélicoptère à deux hélices coaxiales comme l'hélicoptère de Ponton d'Amécourt. Les hélices, à six pales chacune, sont de véritables « surfaces d'avions » biplans : elles tournent en sens inverse l'une de l'autre, de façon à annuler les effets d'entraînement par torsions.

Les essais de E. Pescarra datent de mai 1918. Son appareil actuel a subi des modifications profondes. L'expérience seule pourra dire si les espoirs que l'on fonde sur ce nouvel engin sont légitimes.

L'hélicoptère de M. Œhmichen est construit avec deux hélices placées chacune à une extrémité d'un bâti.

Signalons également des essais effectués en Amérique par les ingénieurs Leinweber et Curtiss et par la maison Cooper Hewitt. On est donc partout « sur la voie » : souhaitons qu'on arrive bien vite au but absolument pratique.



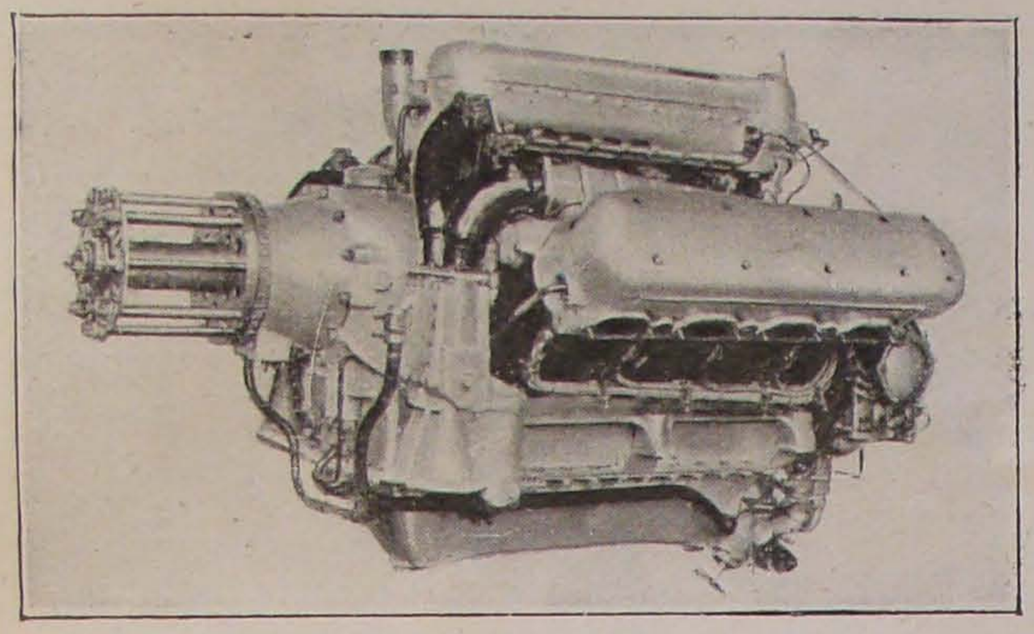
HÉLICOPTÈRE PESCARRA. *Appareil à ailes tournantes, et à cellules biplanes, en essai à Barcelone.* (Cl Branger.)

L'AVION DE DEMAIN.

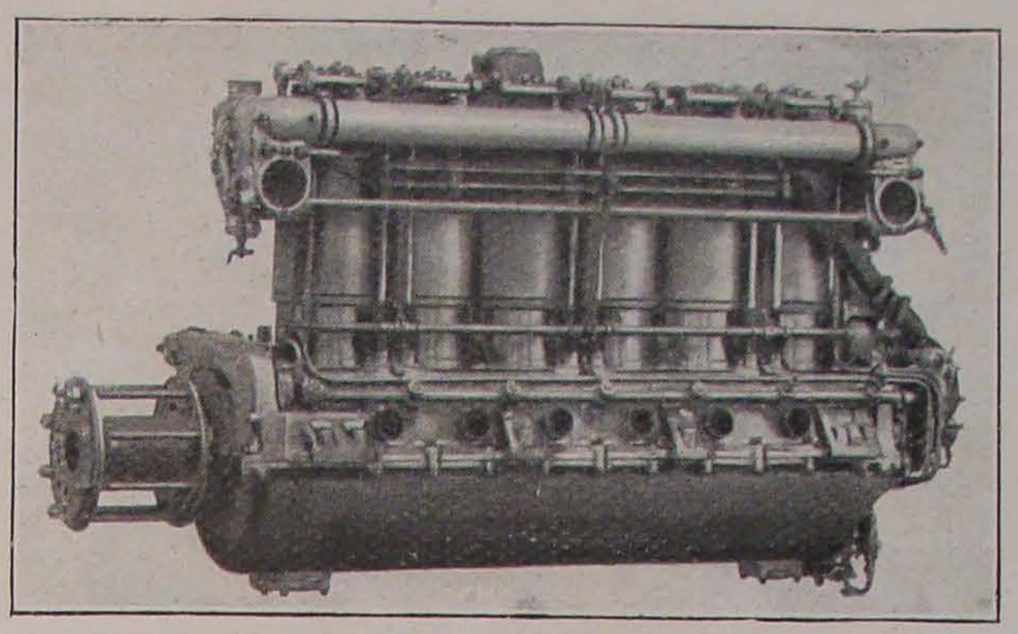
Les exploits de l'aviation ne se comptent plus ; on a pu déjà franchir *sans escale* des distances supérieures à 3 000 kilomètres, comme par exemple la traversée de l'Atlantique entre Terre-Neuve et l'Irlande.

Jusqu'à quelle limite est-il possible d'aller en air calme, avec les avions actuels, tels qu'ils sont conçus et réalisés à l'heure présente ?

L'ingénieur Rateau, membre de l'Académie des Sciences, qui a tant contribué au progrès des moteurs d'aviation, a fait, à ce sujet, d'intéressantes communications à ses collègues de l'Académie. D'après ses conclusions, il est actuellement possible de dépasser, d'un seul vol, la distance de 5 000 kilomètres et même d'atteindre celle de 6 000 ; mais, par contre, il paraît douteux que l'on puisse, en l'état actuel de l'aviation, aller jusqu'à la distance de 7 000 kilomètres *sans escale*.



MOTEUR EN W NAPIER, 450 CHEVAUX.



MOTEUR VERTICAL EN I MAYBACH, 300 CHEVAUX.

On remarquera, sur ces deux moteurs, combien leur construction est légère et combien leur encombrement est faible.

En s'élevant, en effet, l'avion rencontre des couches d'air de moins en moins denses, et les conditions du vol en sont affectées de deux manières bien différentes.

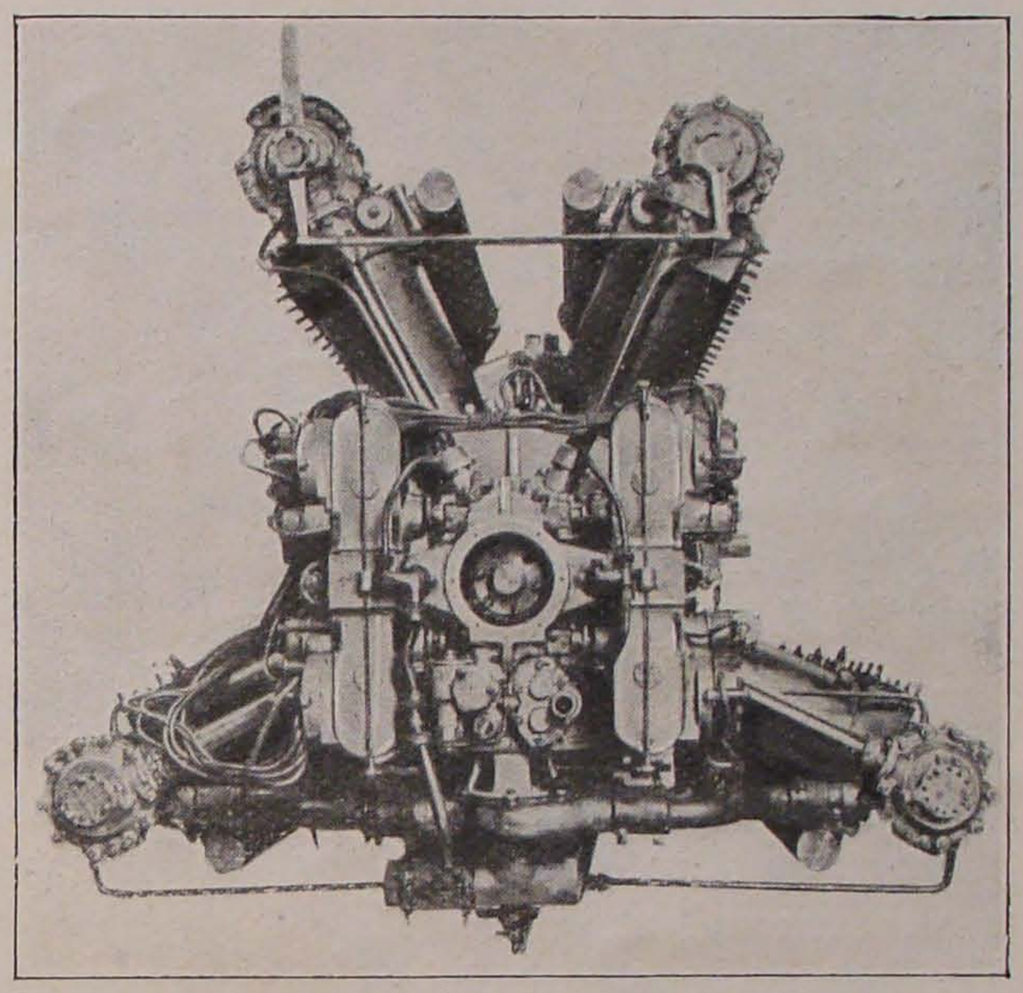
Tout d'abord, un air plus léger oppose à la progression horizontale de l'avion une résistance moins grande ; par contre, il « porte » moins, et l'on conçoit sans peine qu'il existe une altitude au-dessus de laquelle l'avion ne peut plus s'élever, faute de trouver de l'air assez dense pour le soutenir.

En vertu du premier effet, le vol à la plus grande altitude possible est favorable à la réalisation des grandes vitesses. Ainsi, à 6500 mètres, la densité de l'air n'est plus que la moitié de ce qu'elle est au niveau du sol : la vitesse croît donc dans le rapport de la racine carrée de 2 à l'unité, c'est-à-dire 1414 fois plus grande. A 13000 mètres, la densité de l'air est réduite au quart : la vitesse sera alors multipliée par la racine carrée de 4, c'est-à-dire par 2 ; elle sera donc doublée.

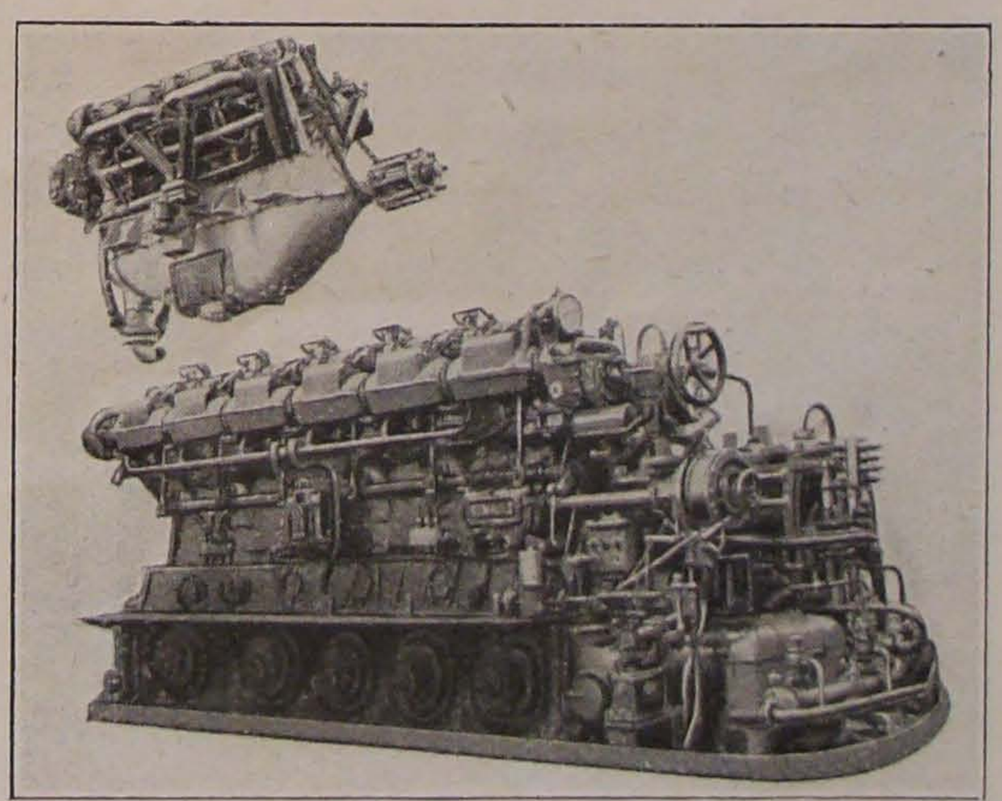
Ainsi, pour voler *vite*, l'avion a tout avantage à voler *haut*.

Mais il y a en même temps d'autres facteurs qui dépendent de la hauteur à laquelle on vole. Je ne parle pas des conditions physiologiques auxquelles est soumis l'aviateur : le froid rigoureux et le manque d'oxygène croissant avec la hauteur sont non seulement des incommodités, mais même des dangers.

Mais il y a surtout l'action sur le moteur. Le moteur, ce brave moteur à explosion, grâce à la légèreté duquel l'aviation a été rendue possible, est soumis lui aussi, au « mal des montagnes », si l'on peut risquer cette comparaison. A mesure que l'air se raréfie, la proportion d'oxygène qu'il aspire à chaque coup de piston va en diminuant, et le mélange détonant qui



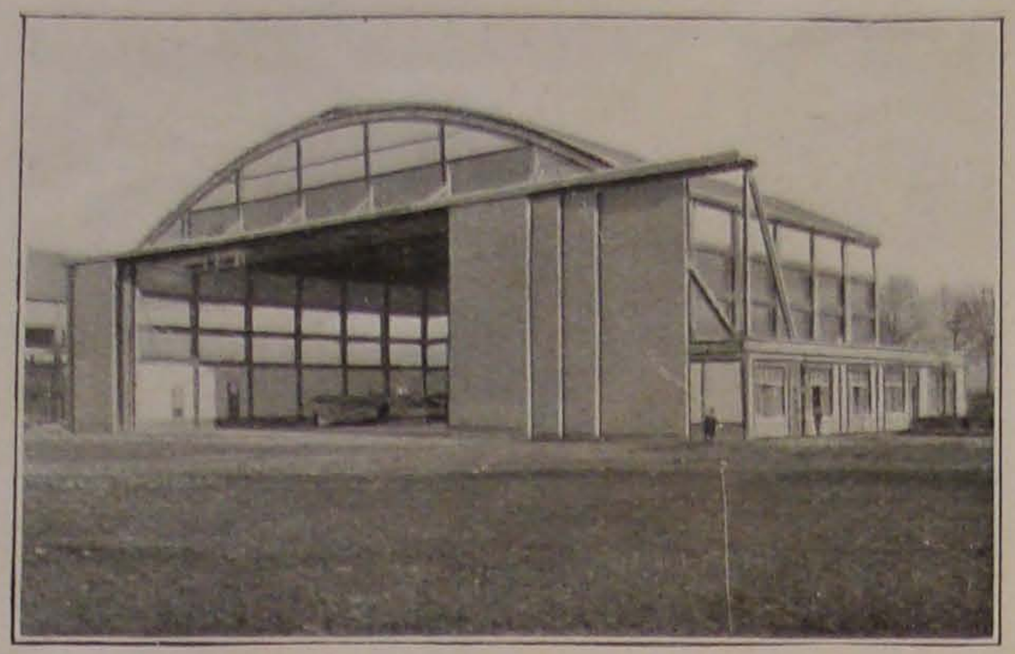
MOTEUR EN X NAPIER DE 1 000 CHEVAUX. ø *Seize cylindres disposés en quatre rangées de quatre réunissent leurs efforts sur l'axe moteur.*



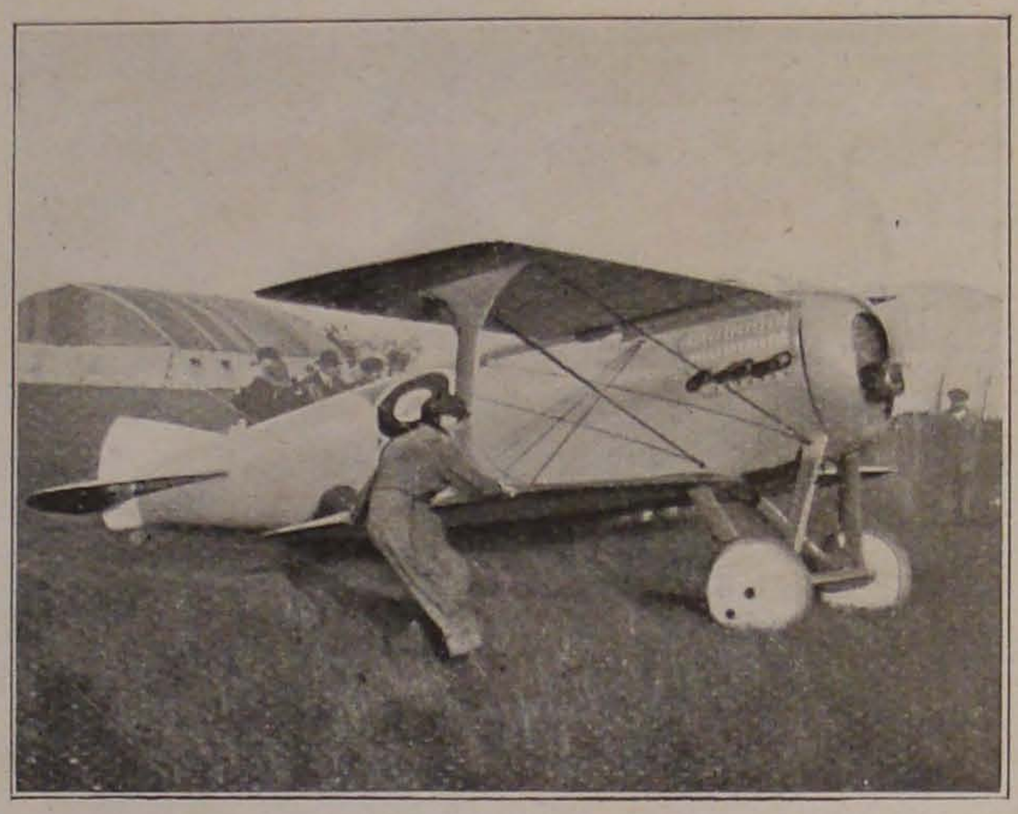
DIMENSIONS COMPARÉES D'UN MOTEUR RENAULT (*en haut*) ET D'UN MOTEUR DIESEL (*en bas*), TOUS LES DEUX DE 300 CHEVAUX. ø *On voit quel avantage présente le moteur à essence au point de vue du poids et du volume moindres.*

doit fournir l'énergie nécessaire n'est plus suffisant pour produire la force exigée.

Ce défaut, très grave si l'on y réfléchit, a été corrigé par une invention remarquable de l'ingénieur Rateau : il a suppléé au manque « naturel » d'oxygène de l'air raréfié en comprimant celui-ci à l'aide d'une pompe rotative mue par les gaz d'échappement, et en restituant ainsi au mélange, à l'aide de cette compression, la dose d'oxygène nécessaire au fonctionnement du moteur.



TYPE DE HANGAR EN CIMENT ARMÉ. ø *Destiné à abriter des avions 50 m. de largeur ; 35 m. de profondeur.*

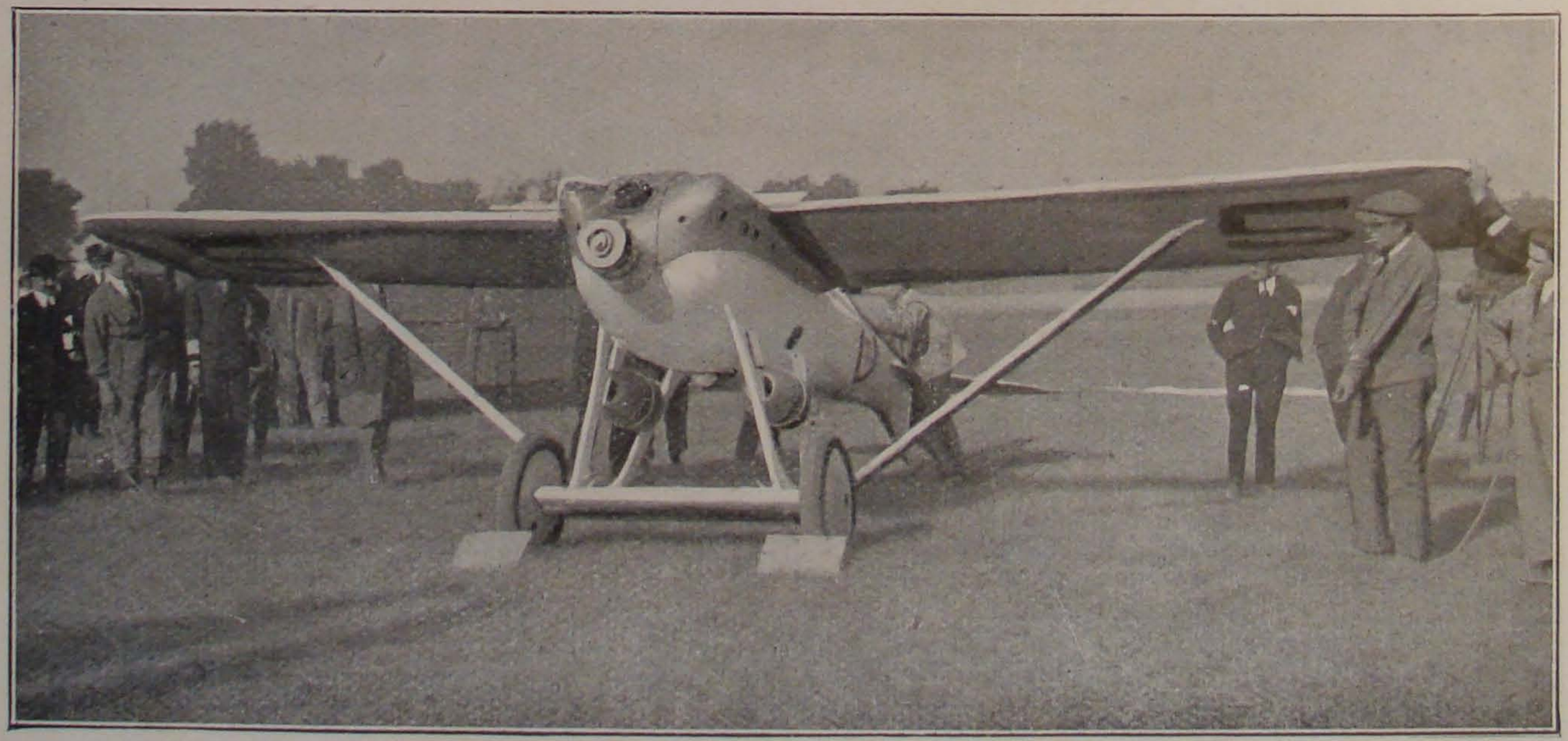


LE « SPAD » DE ROMANET. ø *Photographie prise au moment où l'hélice est mise en marche.* (Cl. Rol.)

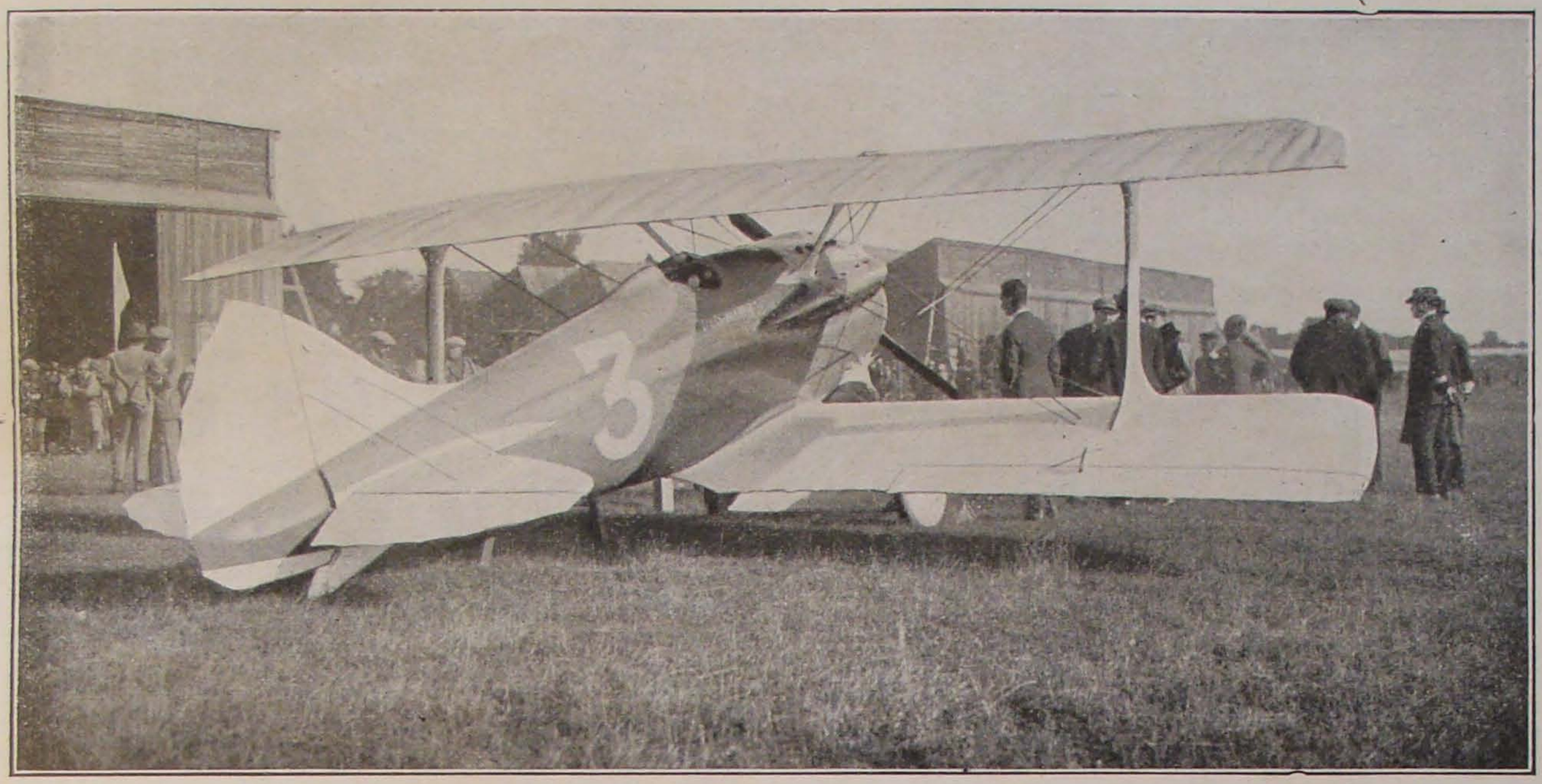
LA PUISSANCE DES MOTEURS. ø ø

Naturellement, pour pouvoir voler haut, le moteur doit être puissant. Aux débuts de l'aviation, on employait timidement des moteurs de 15, 20, 30 chevaux : c'est avec des moteurs de cette puissance que les premiers avions ont fait leurs premiers exploits, que Blériot a traversé la Manche ; mais ils restaient dans les couches basses de l'atmosphère et se trouvaient, par suite, exposés à tous les remous dangereux, fréquents au voisinage du sol, et que l'on ne rencontre plus dans les couches supérieures. Les nombreux accidents de cette période des essais de 1908 à 1911 en sont la preuve manifeste.

Aujourd'hui la force qui actionne les moindres avions est de plusieurs centaines de chevaux-vapeur. Surabondante pour les vols dans les parties basses de l'air, cette force est indispensable pour atteindre les grandes altitudes et s'y maintenir. La puissance nécessaire pour voler à 10000 mètres est à peu près cinq fois celle qui suffit à propulser l'avion au voisinage du sol. Nous avons vu que l'on appelait *plafond* d'un avion l'altitude limite que, étant donnés son moteur et sa surface, il ne saurait dépasser.



LE « NIEUPORT » DE SADI-LECOINTE. ø *Un type très réussi d'aéro-monoplan, avec ailes arc-boutées.* (Cl. Rol.)



UN « BLÉRIOT ». ∅ *Type d'avion biplan avec entretoises et haubans entre les deux surfaces portantes.* (Cl. Rol.)

Considérons un avion dont le « plafond » est de 10 000 mètres : modifié par l'adjonction d'un « turbo-compresseur » de Rateau qui assure l'alimentation de son moteur en oxygène, il verra son « plafond » s'élever à 16 000 mètres environ.

Mais, pour cela, il est nécessaire que l'on modifie aussi son hélice pour adapter l'effort de celle-ci à l'air raréfié dans lequel elle doit tourner aux grandes altitudes.

Appliquons ces conceptions au cas d'un avion réellement construit et expérimenté. Cet avion pesait, au total, pilote compris, 1 700 kilos et était muni d'un moteur de 300 chevaux lui imprimant une vitesse horizontale de 175 kilomètres à l'heure. Sans turbo-compresseur, son plafond était de 6 000 mètres : il s'est élevé à près de 10 000 avec l'adjonction du turbo-compresseur.

LE RAYON D'ACTION. ∅ ∅

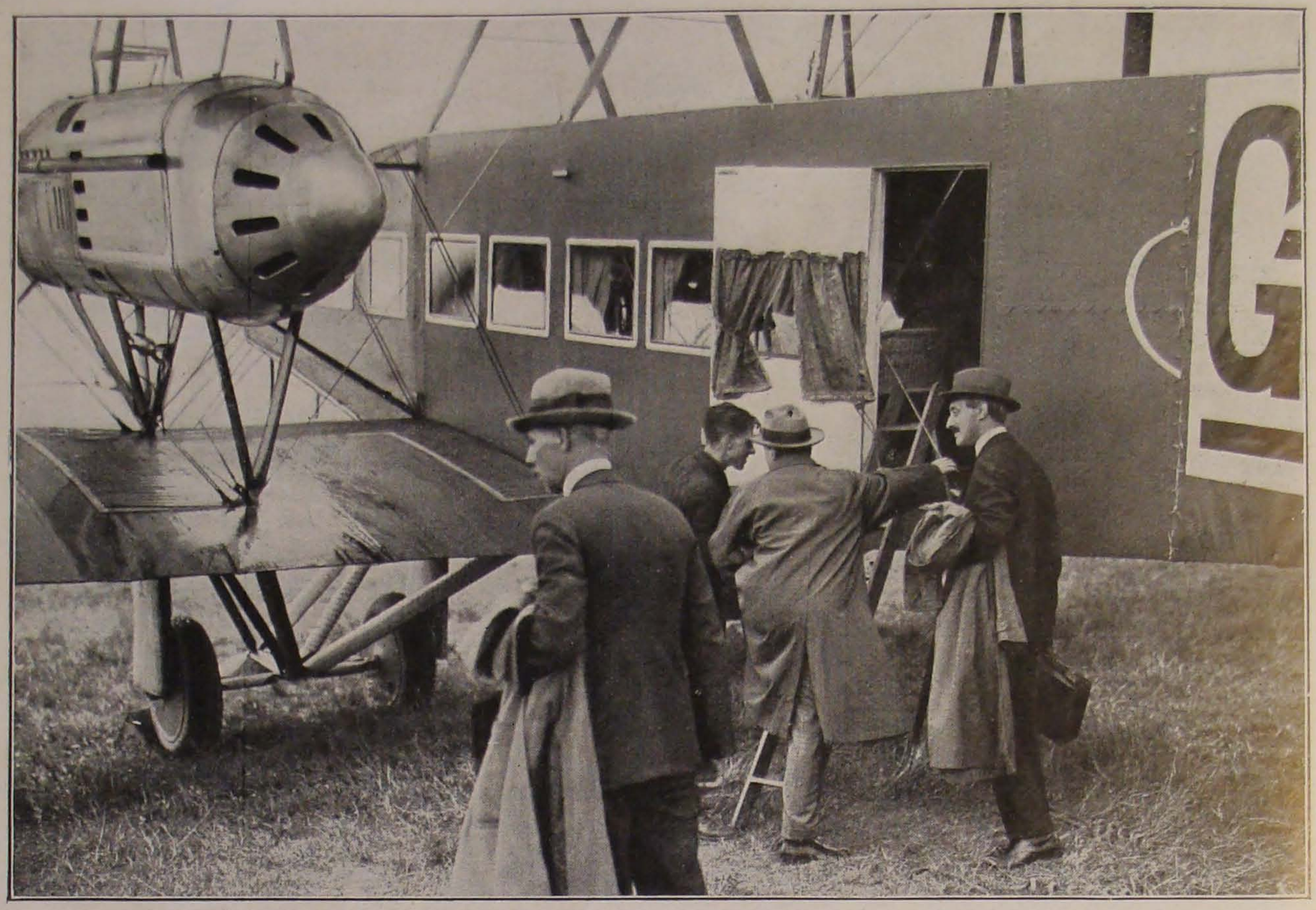
Mais il ne suffit pas pour rendre l'aviation pratique en service courant, de pouvoir « voler haut » : il faut encore pouvoir « voler loin » si l'on veut exécuter d'une seule traite de longs voyages. Et, pour cela, il faut ménager avec soin les provisions des deux matières essentielles : l'essence et l'huile de graissage. C'est la question du *rayon d'action* dont nous avons parlé à propos des dirigeables : ici, le souci de l'économie, qui assure la longue durée du voyage, doit primer celui de la vitesse.

Dès que l'aviateur a « décollé » du sol et pris la hauteur suffisante pour pouvoir éviter les obstacles terrestres, il doit s'attacher à monter en pente faible et très régulièrement, d'environ 1 à 2 mètres par kilomètre : c'est presque le vol horizontal ; mais, à mesure que sa provision d'essence et d'huile diminue, il gagne ainsi des altitudes croissantes et arrive au sommet de sa trajectoire précisément quand ses réservoirs d'essence et d'huile sont vidés. Alors, c'est la fin forcée de son voyage, sous la réserve, toutefois, qu'il peut accomplir en *vol plané* une distance horizontale égale à *huit fois, environ, la hauteur à laquelle il est parvenu.* Si donc l'aviateur a atteint la hauteur de 6 000 mètres, il peut, en chiffres ronds, atterrir quelque part dans un cercle de 50 kilomètres de rayon autour du pied de la verticale partant du point où son moteur s'est arrêté.

La longueur du trajet possible, avec un avion bien construit et bien manœuvré, avec un bon moteur et une hélice à bon rendement, dépend donc surtout de la provision d'essence et d'huile que l'on peut emporter au départ. Les meilleurs moteurs consomment 270 grammes d'essence et d'huile par cheval-vapeur, 300 au plus.

Un avion muni d'un moteur de 300 chevaux s'allégerait donc d'environ 80 kilos par heure de vol et pourrait ainsi tenir l'air pendant douze heures avec une provision d'une tonne d'essence et d'huile.

Or, on réalise couramment aujourd'hui des



UNE SCÈNE DE L'EMBARQUEMENT POUR LONDRES A L'AÉRODROME DU BOURGET, GARE AÉRIENNE DE PARIS. *Par la porte ouverte de la cabine, éclairée par plusieurs fenêtres, on aperçoit les sièges fixes sur lesquels prendront place les passagers. On voit l'un de ceux-ci montant à l'échelle pour occuper sa place.* (Cl. Rol.)

avions pouvant enlever une provision d'essence et d'huile égale à leur poids propre, ce poids comprenant celui des réservoirs, du pilote et de tous les engins et appareils nécessaires en cours de route.

Sans doute pourra-t-on arriver à augmenter cette charge de moitié : il n'est pas certain qu'on parvienne à la doubler ; en tout cas, cette duplication paraît être la limite du possible actuellement.

Dans ce dernier cas, l'avion dont nous parlions, après avoir épuisé toutes ses réserves, planerait à environ 6000 mètres de hauteur et aurait pu parcourir environ 4300 kilomètres ; il aurait, en outre, la faculté de gagner 50 kilomètres en descendant en vol plané, ce qui limiterait à 4350 kilomètres la longueur de son trajet possible d'une seule traite.

Aujourd'hui, avec les moteurs plus puissants et plus légers que construit l'industrie, la vitesse de 400 kilomètres à l'heure est atteinte et même dépassée. Sadi-Lecointe, en octobre 1923, a pu atteindre l'altitude de 11 200 mètres. Les résultats ci-dessus peuvent donc être quelque peu améliorés. Le trajet *direct* Europe-Amérique du Nord est donc possible ; à la vitesse de 400 kilomètres à l'heure, que l'on peut espérer réaliser aux grandes altitudes, New-York serait ainsi à douze heures de Paris ; moyennant une ou deux escales intermédiaires pour le ravitaillement de l'engin, le Japon serait à vingt-quatre heures de notre capitale française.

Et l'on réaliserait ainsi non plus *le tour du monde en quatre-vingts jours* de Jules Verne, mais bien *le tour du monde en quatre-vingts heures.*

LES TRANSPORTS COMMERCIAUX PAR AVIONS. Les transports commerciaux par la voie aérienne ne sont plus une expérience, mais bien une réalité. Aux portes de Paris est installé le plus vaste aérodrome du monde : c'est le véritable « port aérien » de la capitale, et de ce port partent, chaque jour, les avions faisant les services Paris-Londres, Paris-Bruxelles, Paris-Varsovie par Prague.

L'établissement de ces « voies aériennes » nécessite, incontestablement, des frais : mais

DÉBARQUEMENT DE COLIS VENANT DE LONDRES A L'AÉRODROME DU BOURGET. *Le trafic par voie d'avions, tant pour les voyageurs que pour les marchandises, devient de plus en plus intense. On expédie surtout par cette voie des marchandises d'un prix élevé sous un faible volume : bijouterie, objets de toilette féminine, pâtés de foie gras, etc.* (Cl. Rol.)

ces frais consistent dans le jalonnement et la signalisation des points d'atterrissage et dans la préparation, autour de ceux-ci, de vastes terrains où les avions puissent se poser et repartir, où ils soient assurés de trouver l'essence nécessaire et les réparations mécaniques indispensables. Or, en tenant compte de tous ces frais, la *voie aérienne* coûte environ 20 000 francs le kilomètre, alors que la *voie ferrée* coûte 200 000 francs le kilomètre, c'est-à-dire dix fois plus cher.

Le trafic par voie d'avions devient de plus en plus intense, tant pour les voyageurs que pour les marchandises.

Pour l'ensemble des lignes suivantes : Paris-Londres, Paris-Bruxelles, Bayonne-Bilbao, Toulouse-Casablanca et Paris-Cabourg, qui ont eu un trafic suivi, voici les *totaux* comparatifs pour 1919 et 1920 :

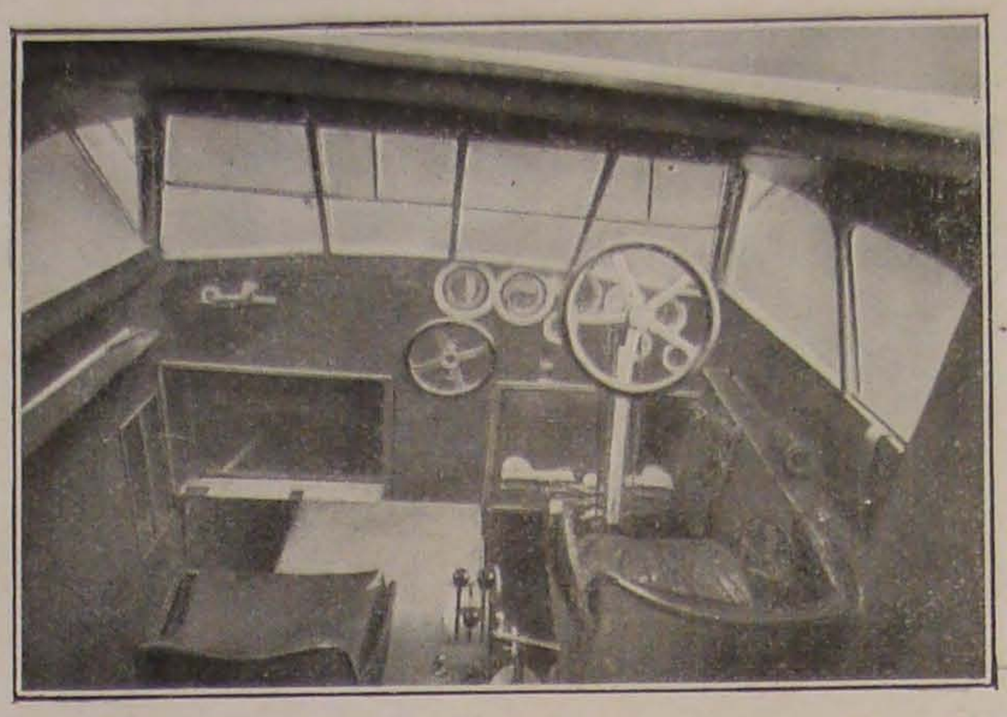
	1919.	1920.
Voyages entièrement effectués.	1 173	4 228
Kilomètres parcourus.....	554 115	1 582 835
Passagers payants.....	729	6 697
Marchandises (en kilos).....	14 080	123 253
Postes (en kilos).....	466	6 036

Et les accidents, demanderez-vous ? Eh bien ! leur statistique est *extrêmement faible*. Le nombre total des kilomètres « volés » pendant ces deux ans est de 1 936 950, et sur ce nombre il y a eu 14 accidents dont 5 mortels, soit *1 accident par 138 353 kilomètres* parcourus.

Les avantages du voyage aérien sont, d'ailleurs, énormes. Ainsi, pour aller de Paris à Varsovie, par Strasbourg et Prague, il faut

actuellement, en chemin de fer, 3 jours et 2 nuits, et le prix de la place de luxe est de 1 000 francs. *En avion, le prix du voyage* est le même, et on le fait en *12 heures au lieu de 60*.

Quand on assiste, à l'aérodrome du Bourget, au départ de l'avion de Londres, par exemple un *Goliath*, on constate que presque tous les colis expédiés sont des robes et des chapeaux de grand prix, des articles de bijouterie et même... des pâtés de foie gras.

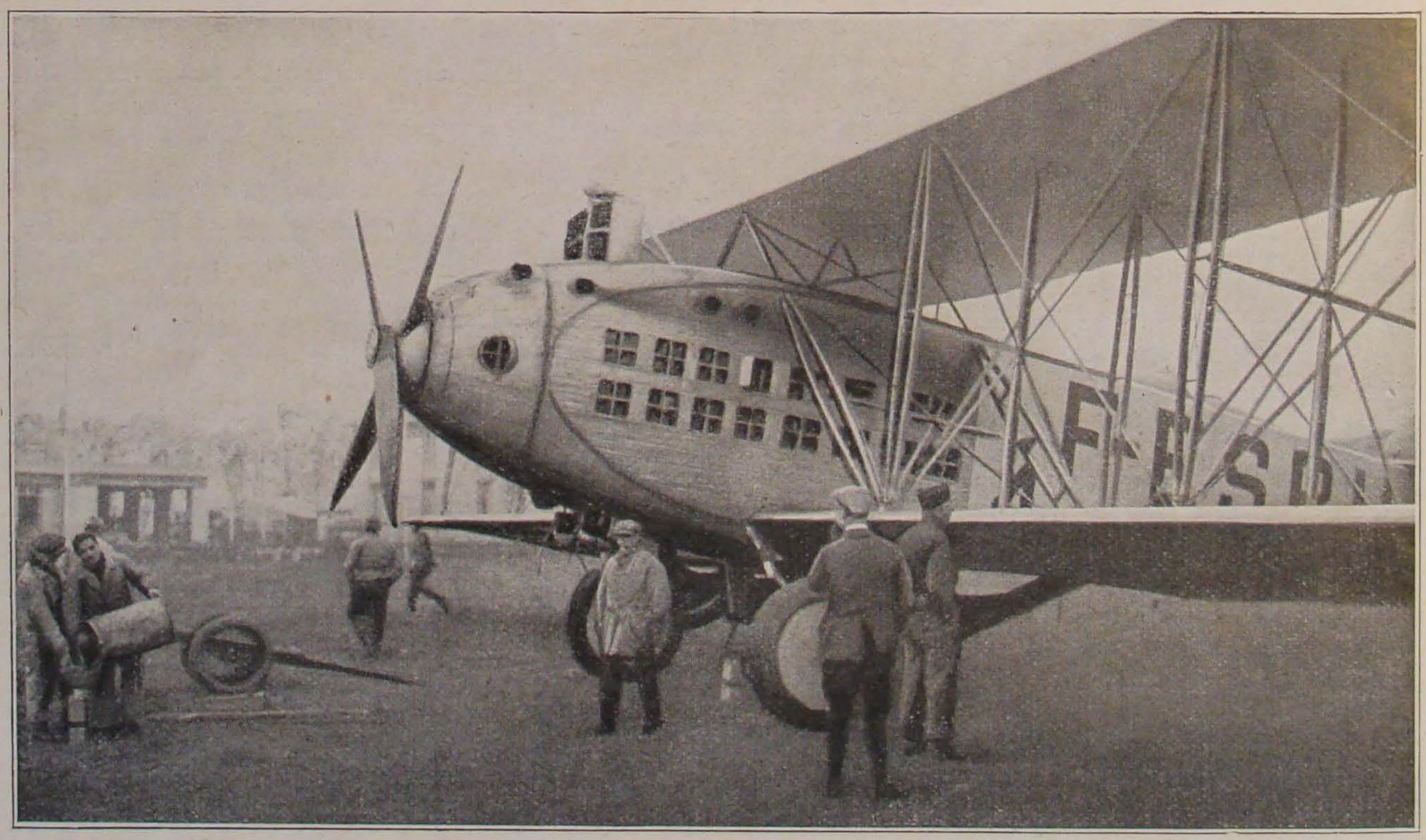


POSTE DE PILOTE D'UN AVION LATÉCOÈRE. *Devant le siège du pilote, on aperçoit le volant, les pédales du palonnier et les appareils de contrôle.* (Cl. Rol.)

L'aérodrome — le « port » — du Bourget va être l'objet d'agrandissements considérables : on pense à des hangars pour des avions beaucoup plus grands encore que les *Goliaths* ou les *Léviathans*. Et l'on peut prévoir le temps, plus proche qu'on ne pense, où tous les grands voyages se feront par la voie des airs.

Au point de vue des vitesses *pratiques* d'intercommunication, le record à l'heure actuelle appartient à un avion postal faisant le service entre New York et San Francisco, qui a effectué son vol *sans escale* en *32 heures et demie*. Rappelons à ce sujet que, pendant l'année 1920, 103 millions de lettres ont été transportées par avions aux États-Unis.

Et puisque nous parlons de « records », disons que les exploits les plus retentissants de ces dernières années ont été la traversée directe de l'Atlantique par Sir W. Alcock, en 1919 (3 000 kilomètres en 17 h. 27 m.) ; le voyage *avec sept passagers* effectué par Bossoutrot de Paris à Casablanca (1 873 kilom.), puis de là à Dakar ; en 1922, le record de vol sans escale par Bossoutrot et Drachin, qui, « décollés » le 14 octobre au matin, ont terminé leur randonnée le 15 octobre 1922 à 4 heures de l'après-midi, ayant volé *sans arrêt* pendant 34 heures 17 minutes, à la vitesse moyenne de 150 kilomètres à l'heure, ce qui représente un voyage sans escale de Paris en Sibérie, de Paris à Tombouctou, ou, encore, plus que la traversée



LE « LÉVIATHAN » DE BRÉGUET. *L'un des avions les plus puissants qui aient été construits en Europe.* (Cl. Rol.)

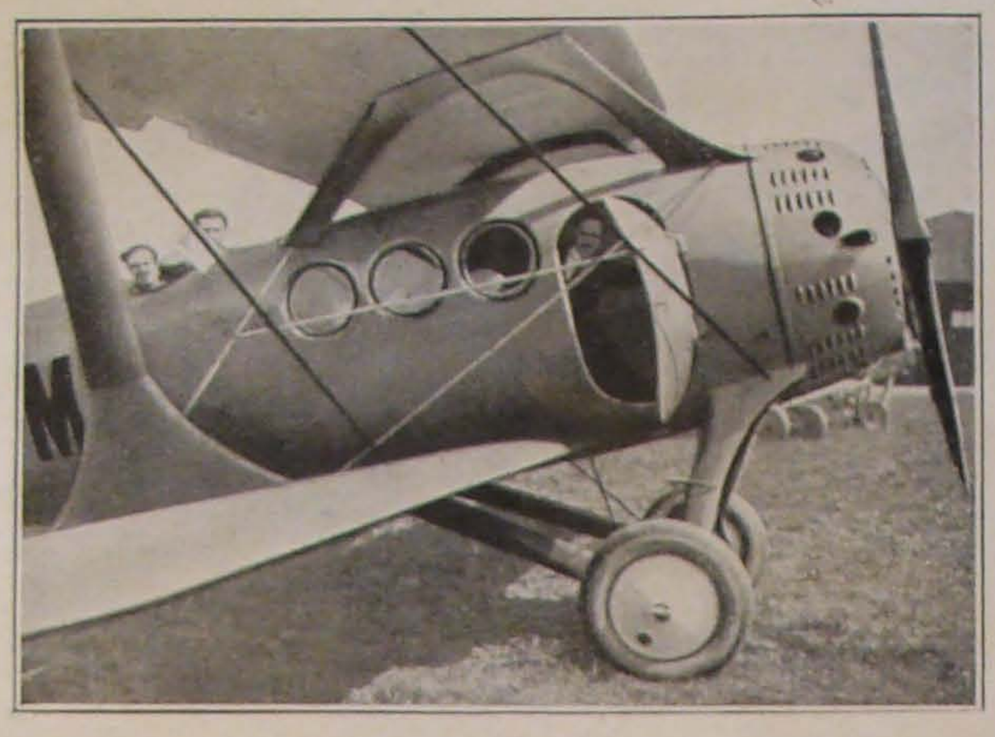
directe de l'Atlantique Nord : c'est un total de 4 450 kilomètres.

Et les records de vitesse sont de 425 kilomètres à l'heure par l'Américain Williams, en octobre 1923. Cela donne la vitesse, presque invraisemblable, de 118 mètres à la seconde : c'est une vitesse de projectile.

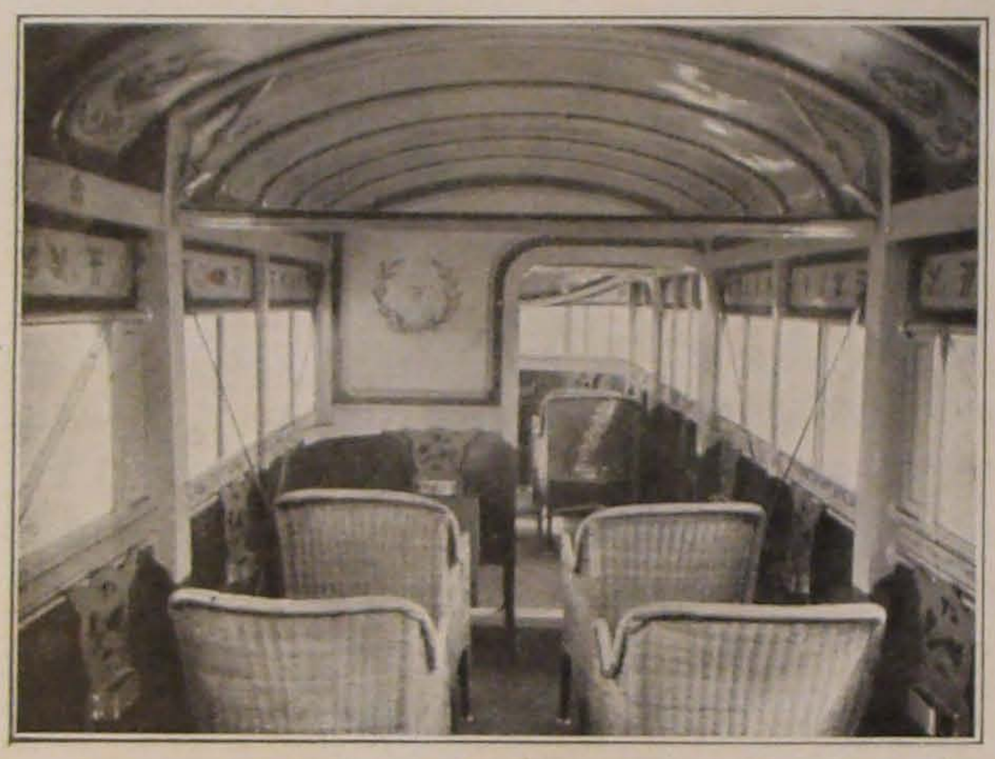
OU EN EST L'AVIATION ?

En terminant ces pages, il n'est pas sans intérêt de jeter un coup d'œil d'ensemble sur la situation de l'aviation depuis la fin de la guerre.

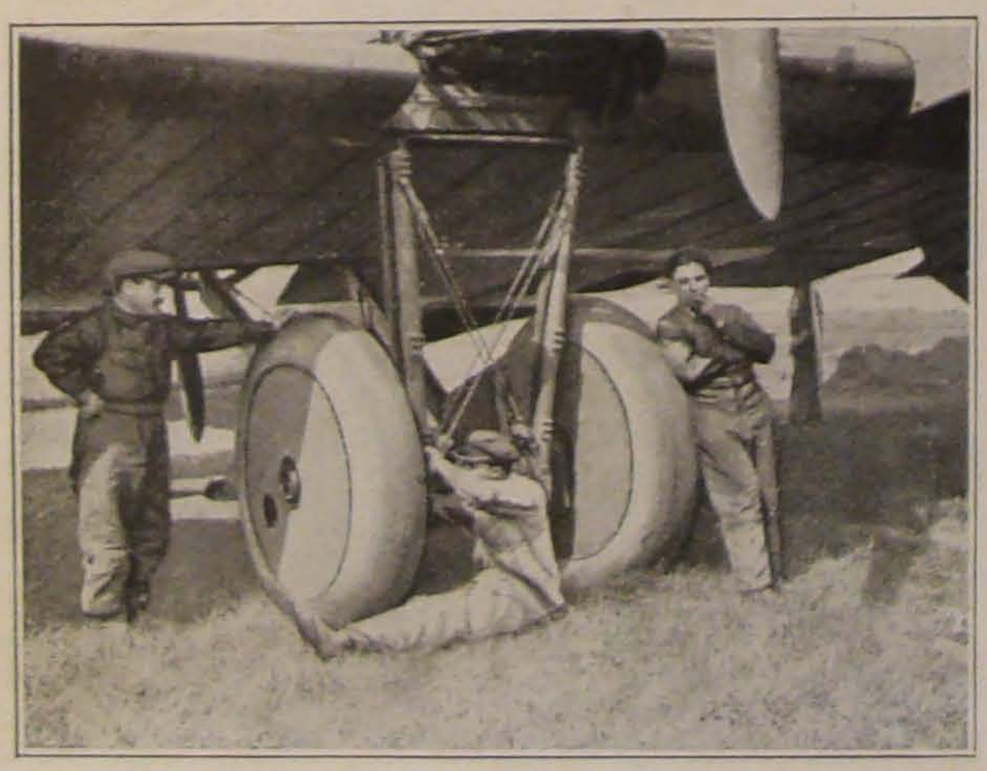
Le premier événement, capital au point de vue de son importance pratique, est le développement rapide de l'*aviation commerciale*, surtout en Angleterre, en France, aux États-Unis, en Italie, en Belgique, en Hollande. Très encourageants, les premiers résultats ont amené bien vite un accroissement de trafic ; la sécurité est grande ; et, comparativement aux autres moyens de locomotion : chemin de fer, navigation, auto, et eu égard au nombre de kilomètres parcourus, on peut affirmer aujourd'hui que l'aviation commerciale présente la statistique du plus petit nombre d'accidents.



UNE LIMOUSINE DU TYPE « SPAD » (COMPAGNIES DES MESSAGERIES AÉRIENNES). *Le pilote, dont on aperçoit la tête qui dépasse le fuselage, prend place en arrière de la cabine des voyageurs, éclairée de chaque côté par trois hublots circulaires.* (Cl. Rol.)



UNE CABINE DE « FARMAN-GOLIATH » A DOUZE PLACES. *Les fauteuils d'osier, légers et confortables, sont placés près des fenêtres et permettent aux voyageurs, commodément installés, de jouir, pendant le voyage, du spectacle de la terre « vue de haut ».* (Cl. Rol).



TRAIN D'ATTERRISSAGE D'UN « FARMAN ». *Ces puissantes roues, munies de pneus énormes, presque aussi hautes qu'un homme, donnent une idée des dimensions gigantesques de l'appareil.* (Cl. Rol.)

Ce développement serait bien plus rapide encore si, dans les milieux industriels et gouvernementaux, on se rendait compte du puissant intérêt qu'il y aurait à soutenir au maximum cette nouvelle forme de transports ; si, par exemple, par suite d'une entente entre l'Angleterre, la France et la Belgique, on réservait aux avions, qui sont les véhicules les plus rapides, l'exclusivité des transports à grande vitesse pour toute une catégorie de marchandises précieuses et peu encombrantes.

Dans l'ordre des résultats, rappelons la traversée de l'Atlantique effectuée d'une seule traite, et par un dirigeable rigide anglais, et par un avion. Rappelons aussi le raid Rome-Tokio, accompli en 1920 par deux officiers italiens (avec escales) et qui constitue le *record du Monde* du chemin parcouru.

Au point de vue technique, si l'ensemble des constructions a peu changé, il y a une tendance à construire des avions plus grands, avec plusieurs moteurs, ce qui entraîne des changements dans la disposition de ceux-ci. Les « carrosseries », en revanche, se sont bien améliorées et adaptées au transport de passagers de plus en plus nombreux. La vitesse

HYDRAVION A FLOTTEURS. ⌀ *Le train d'atterrissage des avions ordinaires est remplacé par deux flotteurs, reliés d'une façon rigide à l'appareil et qui maintiennent celui-ci sur l'eau. Les hydravions à flotteurs conviennent surtout pour les fleuves et les lacs. Les hydravions à coques sont préférables pour la navigation en mer.* (Cl. London News Agency.)

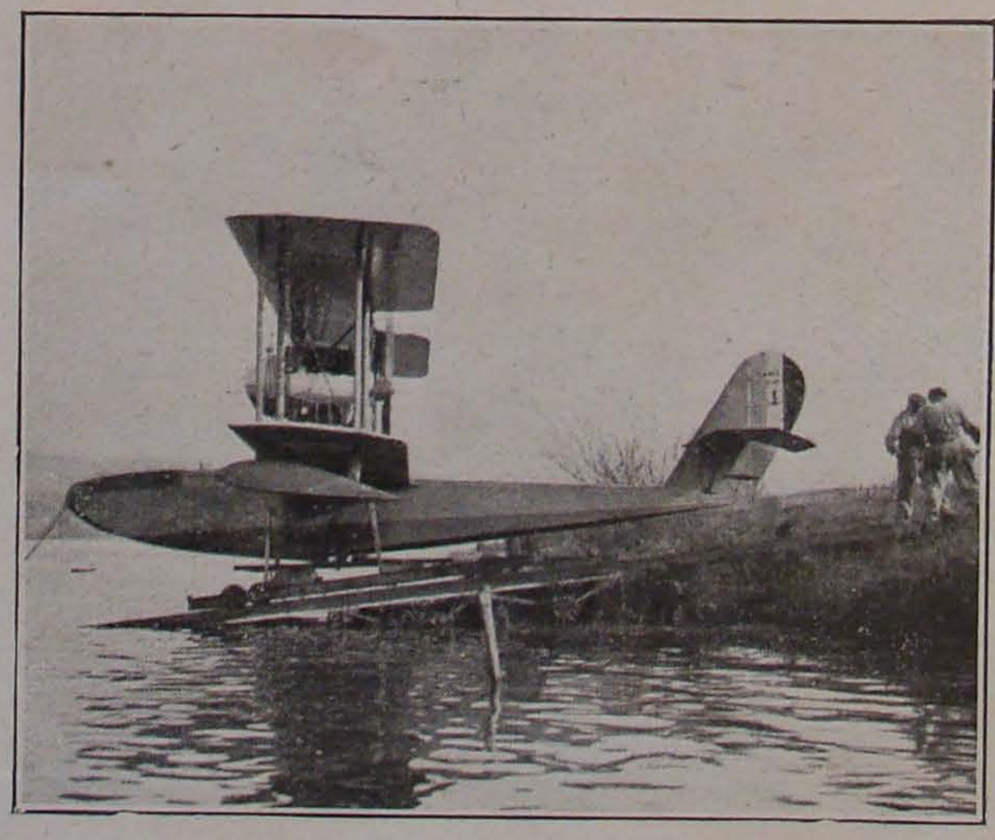
a dépassé trois cents kilomètres à l'heure.

En ce qui concerne l'aviation maritime, les progrès sont moins marqués, et l'on peut dire que l'*hydravion* n'est pas au point. On semble s'orienter vers la construction du « canot-volant », capable de naviguer, ou du moins de se soutenir indifféremment dans l'air et sur l'eau.

Mais ce qui caractérise les tentatives des deux dernières années, ce sont les essais des *hélicoptères*, des appareils pouvant s'enlever verticalement « sur place » : Damblanc et Œhmichen en France, Pescarra en Espagne, Cooper-Hewitt en Amérique, étudient des machines les plus ingénieuses ; Pescarra et Œhmichen se sont enlevés de terre. Peut-être est-ce là l'avenir de l'aviation ?

Et les Allemands ? Que font-ils dans tout cela ? Question angoissante et à laquelle il faut répondre sans réticence aucune.

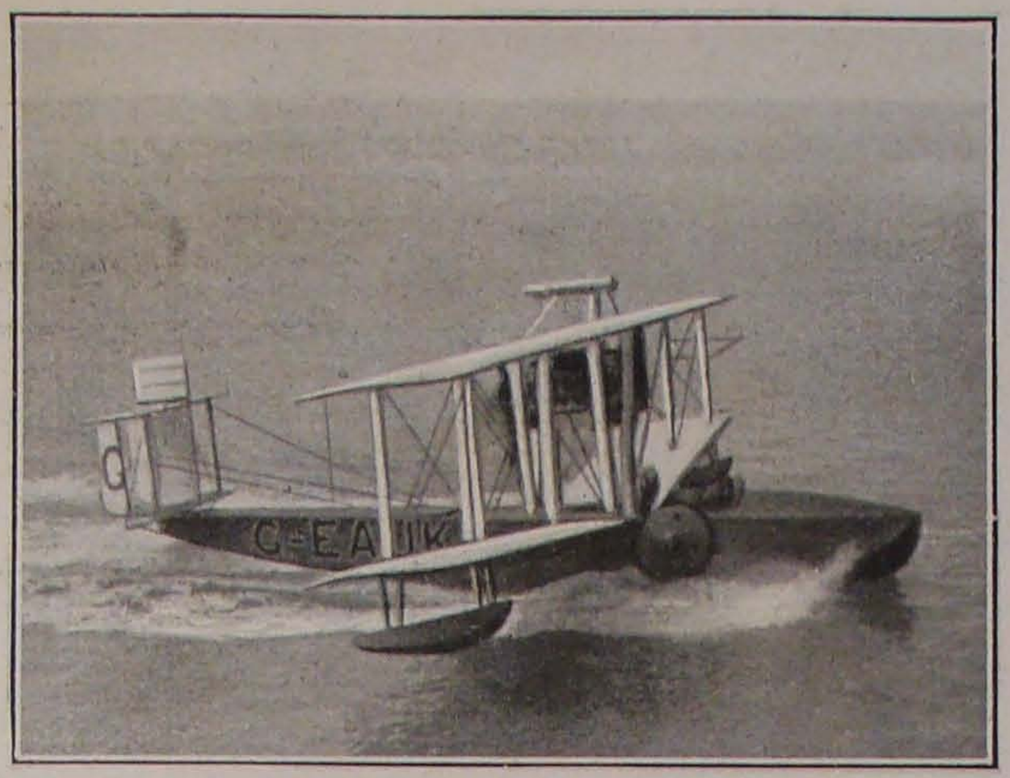
Les Allemands travaillent et travaillent ferme. En présence de la destruction de leur matériel d'aviation, nos ennemis héréditaires et irréconciliables cherchent à en établir un autre, entièrement nouveau et réunissant tous les progrès. N'étant plus une puissance « maritime », l'Allemagne, cette nation de proie, cherche à devenir une puissance « aérienne ». C'est là le danger permanent que nous devons avoir devant les yeux. Pour cela, il lui faut le matériel le plus nombreux et le plus perfectionné ; savants, ingénieurs, industriels d'outre-Rhin y travaillent avec acharnement, secondés en cela par un gouvernement qui n'a en vue qu'un seul objectif : la guerre aux nations de l'Entente. Parmi les avions allemands, il en est un dont on parle beaucoup, c'est le *Junker* ; il est métallique, enlève huit personnes, marche à 180 kilomètres à l'heure et à près de 7000 mètres de hauteur, le tout sous l'impulsion d'un moteur de 300 chevaux. Et pour les « instruments de route » ! Quelle fureur d'invention y déploient nos



HYDROAVION C. A. M. S. ⌀ *Le fuselage et les flotteurs sont confondus et constituent la « coque ». Sous le plan inférieur, on voit un « flotteur d'ailes », organe accessoire qui assure la stabilité de l'appareil.* (Cl. Rol.)

ennemis ! S'il est vrai que, chez nous, le lieutenant de vaisseau Le Prieur a inventé un « correcteur de route » permettant de connaître la dérive, un ingénieur allemand, Drexler, a inventé un « indicateur de pilotage » d'une perfection absolue, permettant de connaître et de corriger la dérive, de déterminer le moindre écart de route, l'inclinaison des surfaces portantes et le rayon de la courbe décrite par l'avion ; et cet indicateur est *en service courant* sur tous les avions de commerce allemands ! Enfin, inutile de dire qu'en matière de construction gigantesque, les Allemands, fanatiques du « kolossal », vont essayer de dépasser tout le monde.

Organisons donc notre aviation, non seulement nationale, mais « interalliée ». France, Angleterre, Italie, Belgique ont le devoir de l'encourager, et leurs gouvernements doivent la soutenir de tous les efforts réunis. Ce seront nos avions qui seront nos meilleurs transports pendant la paix, notre plus efficace défense pendant la guerre.



AVION AMPHIBIE VICKERS. ∅ *Il se pose sur l'eau à l'aide de sa coque et de ses flotteurs d'aile, et sur terre à l'aide de roues qui s'abaissent pour former un train d'atterrissage.* (Cl. Vickers Aviation Department.)

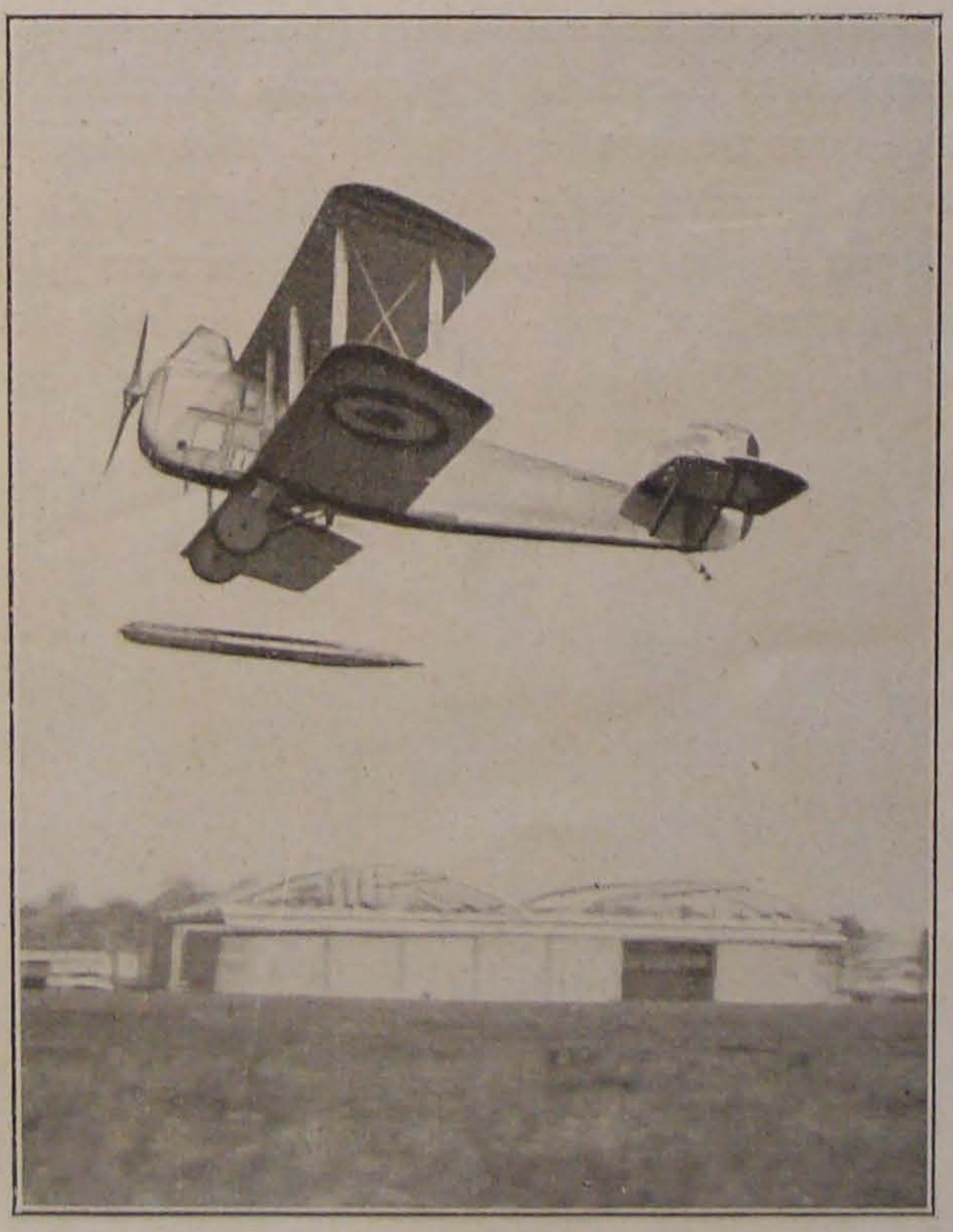
LE VOL SANS MOTEUR. ∅ ∅ Nous avons vu que les premiers essais de vol par aéroplane avaient été faits par l'Allemand Lilienthal, qui, à l'aide d'un *planeur*, s'élançait du haut d'une tour et réussit plusieurs fois à tenir l'atmosphère pendant plusieurs minutes.

Le « vol sans moteur » est, en somme, une manière d'imiter l'oiseau qui, dans bien des cas, « gagne dans le vent » et se maintient sans tomber et sans *battre des ailes*, c'est-à-dire sans le secours de son moteur.

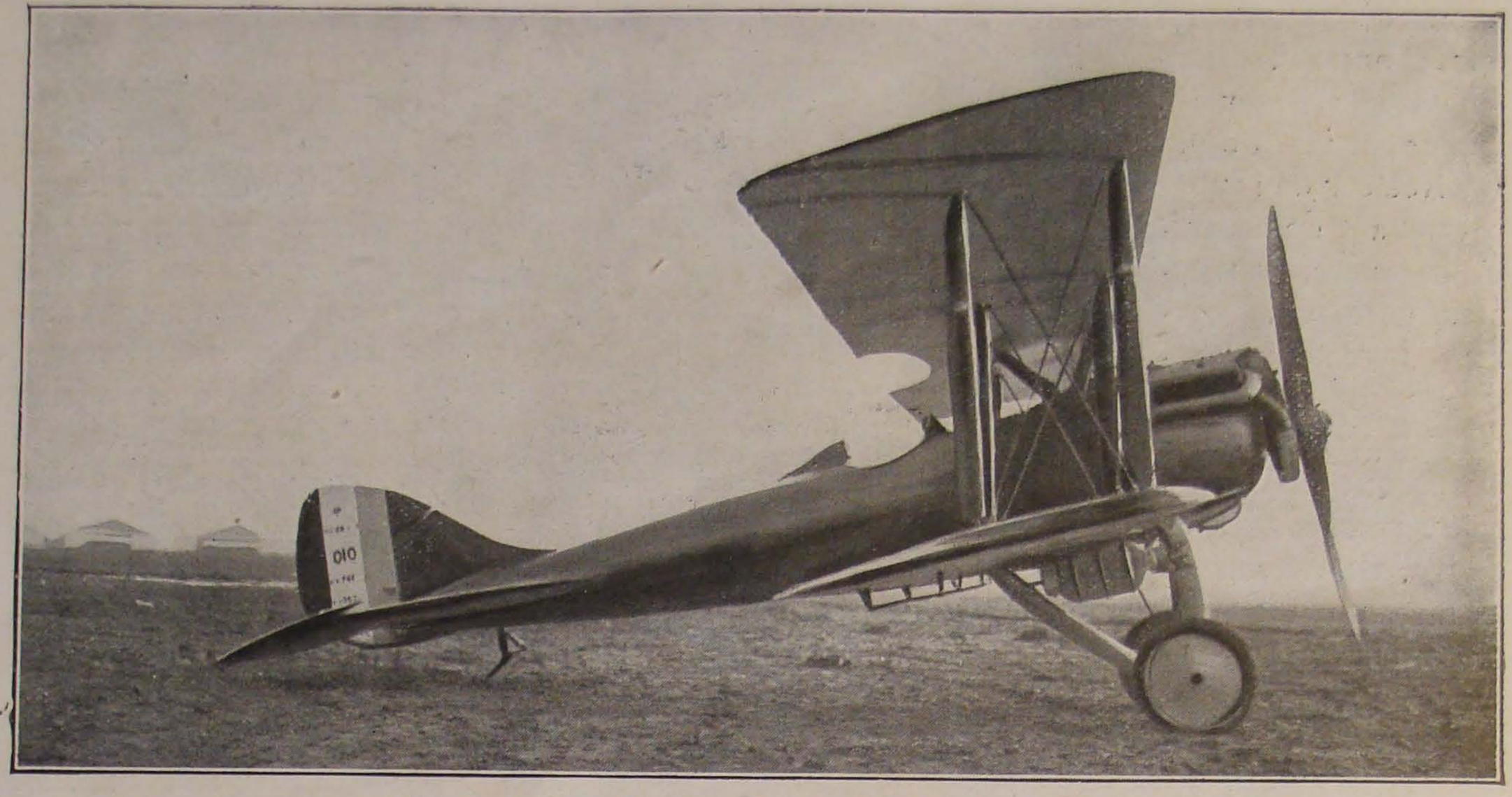
Imiter ce « vol à voile » est une des ambitions de l'homme, ambition qui n'a rien de commun avec le problème de l'*aviette*, où intervient la force musculaire du passager.

Les oiseaux ont trois manières distinctes de voler. D'abord le *vol ramé*, dans lequel le mouvement alternatif de leurs ailes met en action leur *moteur* ; ensuite le *vol plané*, dans lequel, ailes étendues, ils se laissent *glisser* sur l'air, la pesanteur jouant le rôle de force motrice : nos aviateurs, aujourd'hui, le pratiquent tous en virtuoses : enfin le *vol à voile*, dans lequel l'oiseau, à certains moments, utilise la force du vent pour remonter *au-dessus de son point de départ*, ce qui lui permet de rester en l'air pendant des heures *sans dépenser de force motrice* et à une altitude moyenne sensiblement constante.

Jusqu'à présent, le *vol ramé* n'a pas été réalisé par l'homme. Des expériences du plus haut intérêt ont été faites en 1919 par le capitaine du génie Gillet, de l'armée belge, qui a montré quel rendement, bien supérieur à celui de l'hélice, on pourrait retirer de leur emploi ; mais ces travaux n'ont pas encore franchi les portes du laboratoire. Aujourd'hui l'homme cherche à réaliser le *vol à voile*, que certains oiseaux, comme le condor, le vautour, et principalement

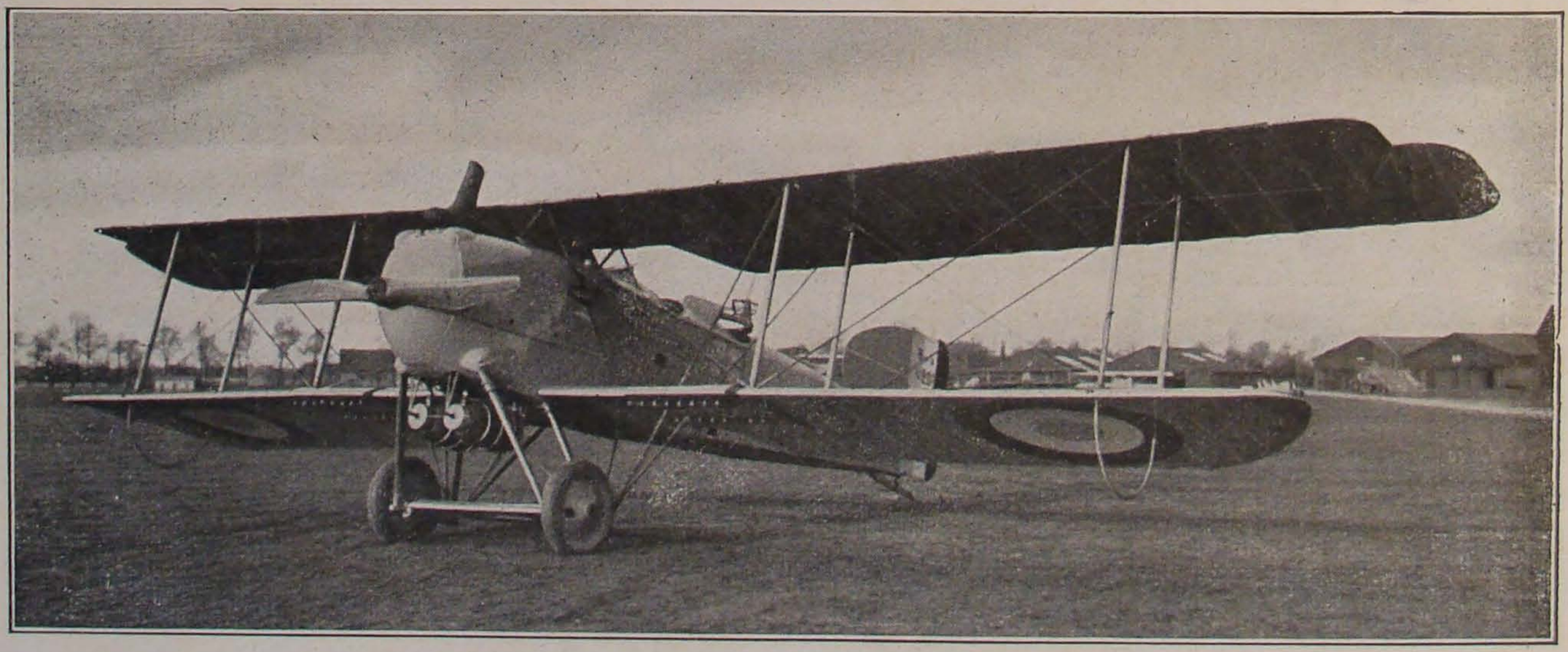


AVION DE BOMBARDEMENT DE LEVAVASSEUR. ∅ *Le pilote a manié un levier spécial ; la torpille, qui était fixée au fuselage de l'avion, en a été détachée et tombe sur le point visé.* (Cl. Rol.)



TYPE D'AVION NIEUPORT DE CHASSE EMPLOYÉ PENDANT LA GUERRE. *La guerre, par les nécessités impérieuses qu'elle fit naître, donna un véritable coup de fouet à l'aviation, et la différence était immense entre les avions légers du début de la campagne et les puissants appareils de chasse en usage dans les armées belligérantes à la fin des hostilités.* (Cl. Rol.)

les grands oiseaux marins, comme l'albatros et la frégate, pratiquent couramment. Pendant longtemps, les théoriciens de l'aviation admettaient que ces oiseaux ne pouvaient ainsi voler qu'à la condition de rencontrer des courants d'air *ascendants* ; mais aujourd'hui les idées se sont modifiées à la suite d'observations consciencieuses et méthodiques. On a constaté que les oiseaux précités volaient à voile, même sans vents ascendants, simplement par *vent horizontal*. L'oiseau est donc *un merveilleux cerf-volant, dont la ficelle est remplacée tout simplement par la force de son inertie*. Quand il est « debout au vent », il peut prendre de la hauteur, parce que, sa vitesse propre et celle de l'air ambiant étant différentes, il en résulte une *poussée verticale* qui le soulève. Quand sa vitesse devient égale à celle du vent, il se laisse glisser *en vol plané*, ce qui lui permet d'acquérir une nouvelle vitesse par suite de sa descente oblique ; et alors, à l'aide de cette nouvelle vitesse, il peut de nouveau regagner de la hauteur. Les seuls mouvements qu'il ait à faire sont de déplacer son centre



TYPE D'UN AVION BRÉGUET DE BOMBARDEMENT. *L'avion de chasse et l'avion de bombardement doivent l'un et l'autre posséder des qualités exceptionnelles de vitesse et de maniabilité. L'avion de bombardement, forcément plus puissant que le premier, doit, en outre, pouvoir emporter une charge considérable représentée par les torpilles.* (Cl. Rol.)

TYPE D'UN AVION FARMAN DE BOMBARDEMENT. *Les torpilles sont suspendues sous le fuselage ; le pilote peut les laisser tomber à son gré. A l'avant, la mitrailleuse.* (Cl. Rol.)

de gravité vers l'avant ou vers l'arrière, en avançant ou en reculant la pointe de ses ailes.

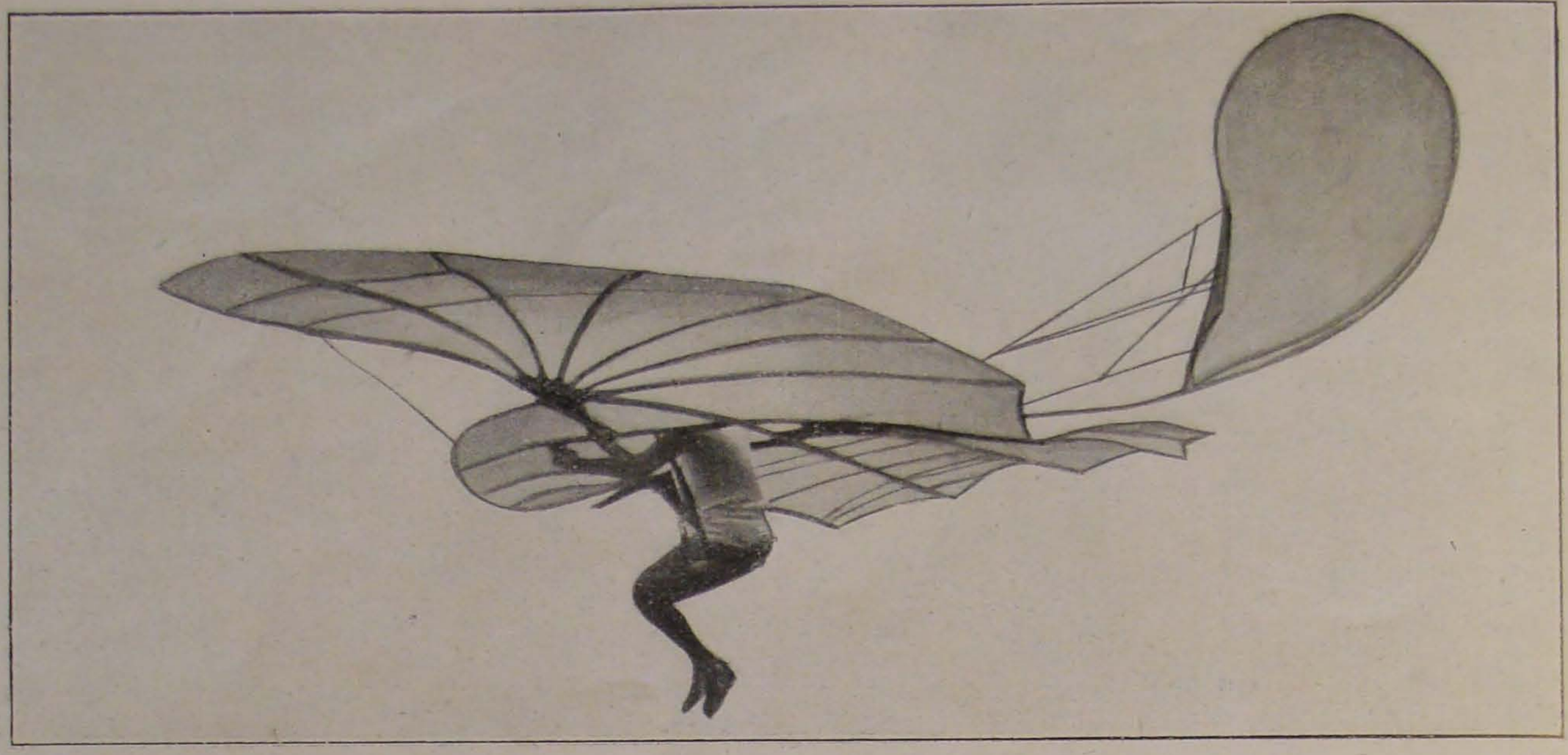
C'est ce « vol à voile » que l'homme cherche à imiter actuellement.

Seulement, l'homme est en état d'infériorité sur l'oiseau. Celui-ci, en effet, avec un sens qui nous manque et qu'il possède certainement, perçoit les variations de densité de l'air et en utilise, pour son ascension, les variations « ascendantes ». L'homme, qui n'a pas cet instinct, doit y suppléer par son intelligence et, en un mot, doit apprendre le *métier d'oiseau*. Il doit donc, avant tout, construire des appareils spécialement étudiés, d'une *finesse* toute particulière, munis d'ailes plus souples que celles, trop rigides peut-être, de nos avions actuels. Il doit également posséder à fond les lois de l'atmosphère, se familiariser avec le vent, en connaître les caprices et les vicissitudes afin de pouvoir les utiliser ; il doit, enfin, posséder assez le maniement de son appareil pour que ses mouvements, cessant d'être « raisonnés », deviennent automatiquement « réflexes ».

LE VOL SANS MOTEUR. *Fétu sur appareil Belanger au Congrès d'Auvergne* (1922). (Cl. Rol.)

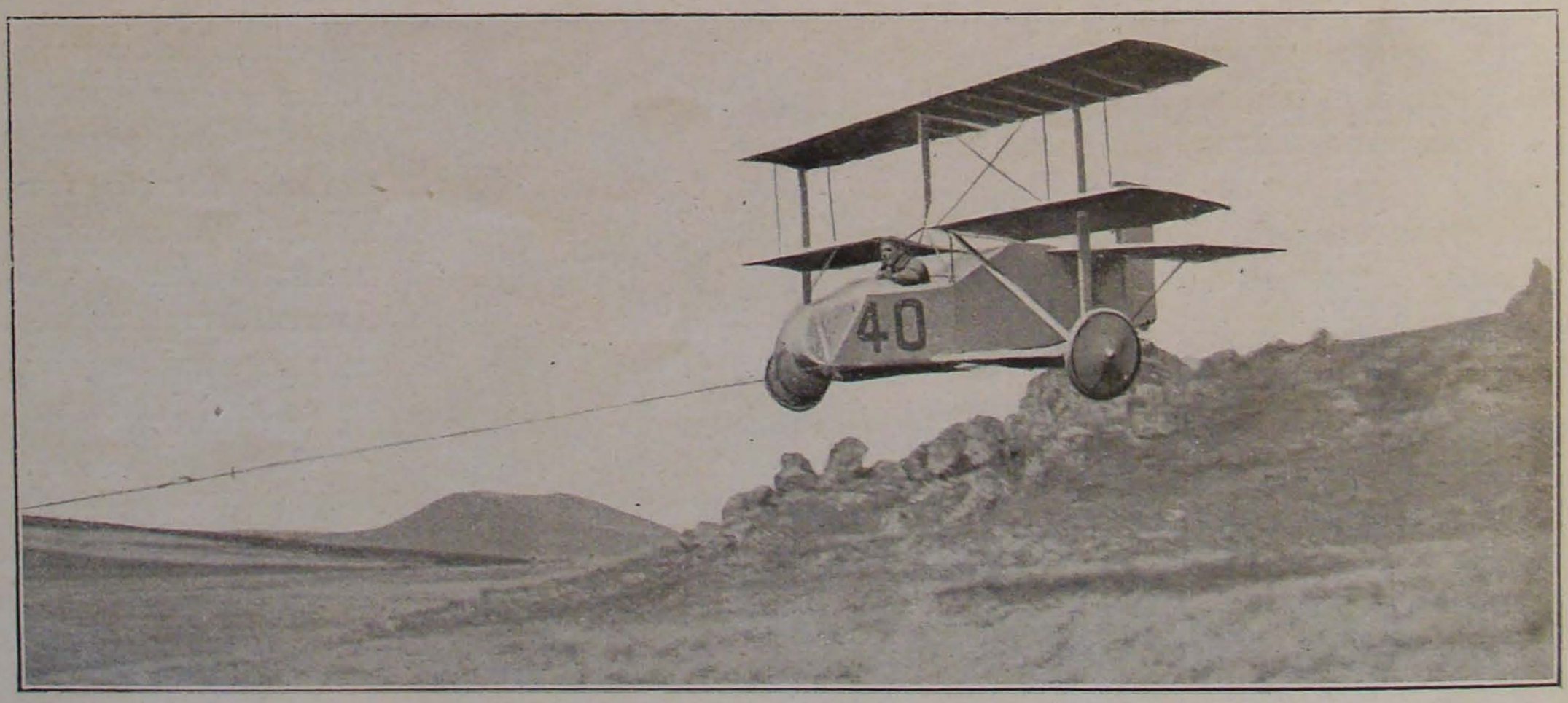
LES EXPÉRIENCES DE LA RHŒN, DE COMBEGRASSE, D'ILFORD-HILL. LE RECORD DE L'AVIATEUR MANEYROL.

Des tentatives suivies de vol à voile ont été faites pour réaliser ce programme, et c'est en Allemagne que le mouvement a pris naissance. En 1921, autour des collines de la Rhœn, de nombreux aviateurs, munis de *planeurs* de types très variés, s'essayèrent à voler sans moteur. Leurs essais furent des plus encourageants : beaucoup d'entre eux purent ainsi tenir l'atmosphère pendant plusieurs minutes ; quelques-uns, même, purent, à certains moments, s'élever au-dessus de leur point de départ. Les premiers résultats obtenus semblaient déjà fort encourageants. Les expériences furent reprises au printemps de 1922 et, cette fois, les vols furent plus longs ; l'un des aviateurs allemands, l'ingénieur Hæntzen, put demeurer en l'air pendant *trois heures dix minutes*, établissant ainsi le record mondial du vol sans moteur.

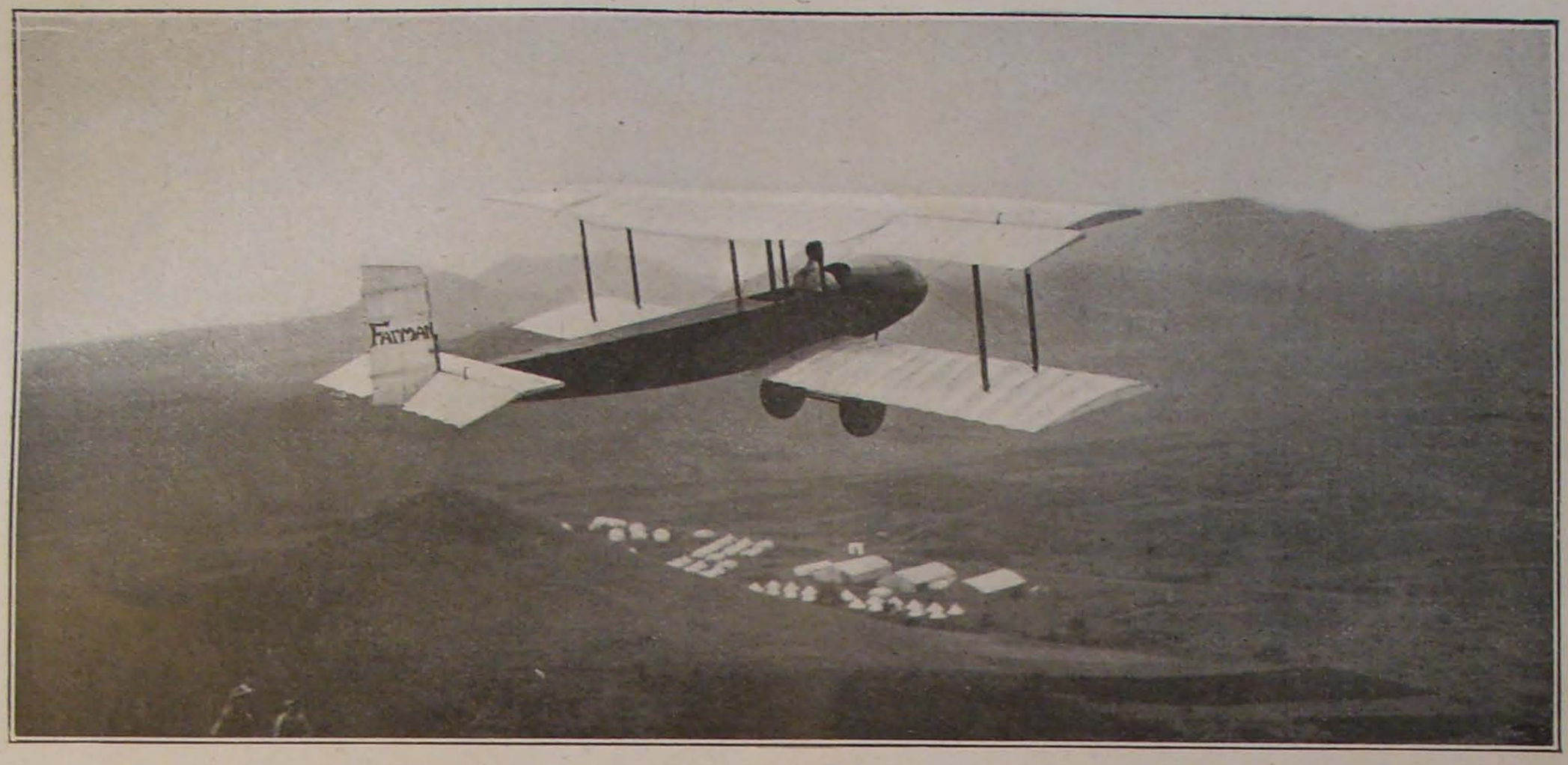


LES EXPÉRIENCES DE L'INGÉNIEUR ALLEMAND LILIENTHAL (1891-1897). ◪ *Otto Lilienthal se lançait, du haut d'une colline, sur un appareil sans moteur muni de deux larges ailes garnies de mousseline. Il avait réussi à se soutenir plusieurs fois en l'air, quand une rafale le précipita d'une hauteur de 80 mètres ; il se tua, après avoir fait un millier de vols.*

Les pouvoirs publics, chez nous, restaient indifférents : mais l'initiative privée intervint, son activité remplaça l'inertie administrative. Sous l'impulsion de l'Association française aérienne et de son actif président, André Carlier, un congrès expérimental fut tenu en Auvergne, à Combegrasse, en août 1922. Les essais en furent timides et les résultats inférieurs à ceux des Allemands, quand se produisit l'événement inattendu du concours du *Daily Mail*, instituant un prix de 1 000 livres sterling pour le vol le plus long effectué sans moteur. Le concours avait lieu en octobre à Ilford-Hill, près de Newhaven. Le dernier jour était arrivé ; c'était le 21 octobre 1922 ; il était deux heures de l'après-midi, un aviateur français se présente : Maneyrol, avec un petit planeur, un biplan dont les deux plans, au lieu d'être superposés, étaient l'un à la suite de l'autre en *tandem*. A 2 h. 32, il décolle sans difficulté et s'élève à une hauteur de 50 mètres, aux acclamations de la foule. Alors commence son extraordinaire randonnée. Il tourne sans arrêt, salué par des ovations qui allaient en augmentant à mesure que l'heure s'avançait. Enfin, après avoir volé ainsi pendant *trois heures vingt-*



SANDIER EFFECTUE UN DÉPART AU MEETING D'AUVERGNE. ◪ *Les envols avaient lieu du haut du puy de Combegrasse, près de Clermont-Ferrand, à 150 mètres d'altitude. Les appareils étaient halés vivement par des équipes d'hommes, jusqu'à ce qu'ils eussent atteint une vitesse permettant leur décollage* (Cl. Rol.)



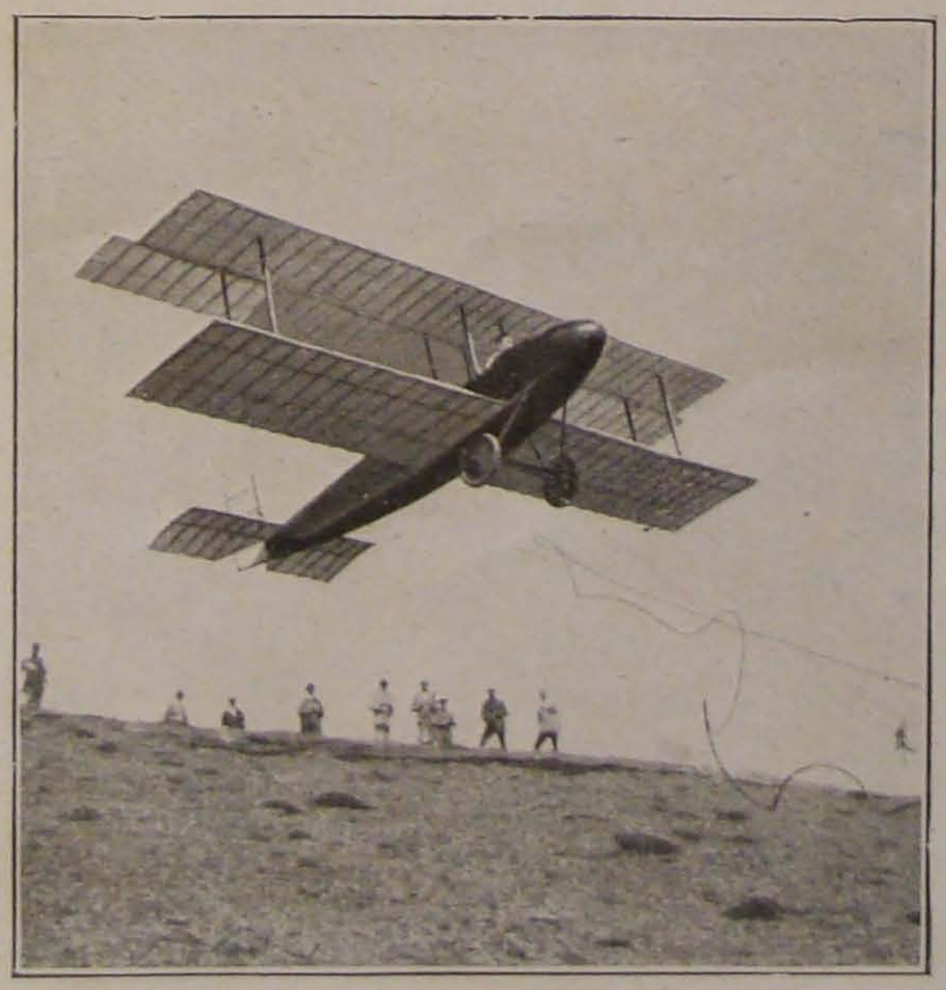
AU MEETING D'AUVERGNE: BOSSOUTROT SUR AVIETTE FARMAN. ø *Au-dessous de l'avion, les tentes et les hangars du « camp Mouillard », organisé au pied du puy de Combegrasse, à l'occasion du Congrès de l'aviation sans moteur, août 1922.* (Cl. Rol.)

deux minutes, il vint se poser sur le sol, uniquement à cause de l'obscurité de la nuit qui commençait à devenir profonde, *battant ainsi de dix minutes* le record de l'aviateur d'outre-Rhin. En janvier 1923, le lieutenant Thoret, à Biskra, volait à voile avec un avion ordinaire dont il avait *calé* le moteur, pendant 7 heures 3 minutes, et le 29 janvier 1923, Maneyrol, battant son propre record, tenait l'atmosphère sur son petit planeur pendant *huit heures et demie!*

Ainsi, *le vol sans moteur est possible*. Quelle en est l'utilité ?

Des apôtres, peut-être trop enthousiastes, du vol à voile ont annoncé « que l'on traverserait l'Afrique du Nord au sud » par voie aérienne sans faire appel à l'aide d'un moteur, *tout comme les oiseaux*. Il ne faut rien exagérer : on oublie, en disant cela, que, si l'oiseau vole à voile, *quand l'état de l'atmosphère le lui permet,* il a, cependant, toujours son moteur avec lui : il lui suffit d'un effort de volonté et d'un réflexe pour le mettre en action.

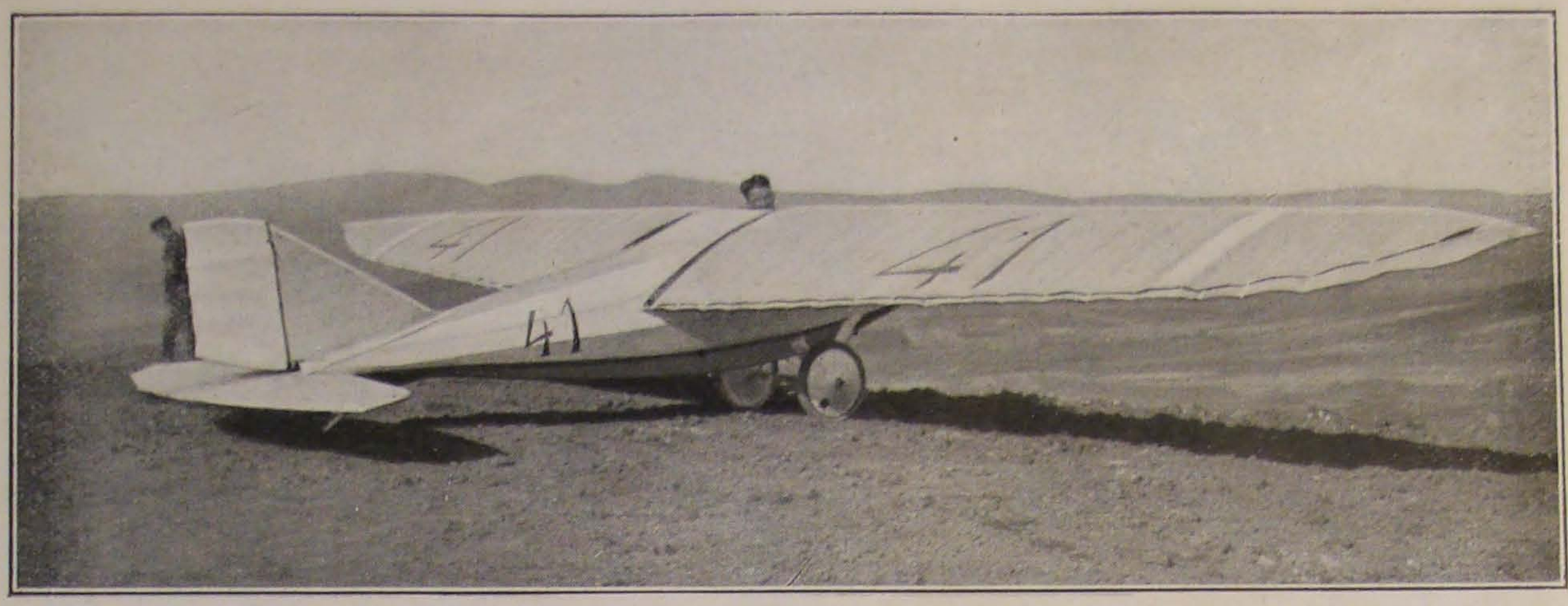
D'autres, misonéistes par nature, déclarent *a priori* que toutes les expériences de vol à voile ne servent à rien et que ce ne sont qu'exercices sportifs sans application possible : c'est encore une opinion excessive ; car il est incontestable que, si l'oiseau se sert de son moteur, il a des périodes où il le laisse reposer en « volant à voile ». Si donc nous voulons imiter l'oiseau, il nous faut réaliser des avions mixtes, pourvus d'un moteur très maniable que l'on puisse mettre en route à volonté, ou stopper pour voler à voile.



UN DÉPART DE BOSSOUTROT SUR UNE AVIETTE FARMAN. ø *Bossoutrot se classa premier ; il avait, en plusieurs envols et sur deux appareils, réussi à tenir l'air pendant 49'59" et 48'25".* (Cl. Rol.)

L'AVION A FAIBLE PUISSANCE. ø ø

Cette solution, on la trouvera d'abord dans l'avion à faible puissance. Pendant la guerre, où l'argent ne comptait plus, on ajoutait des chevaux-vapeur aux moteurs d'avion pour les faire aller plus vite. Mais, pendant la paix, il faut compter avec l'argent. L'aviation doit être le mode de transport le *plus économique,* puis-



BARBOT SUR APPAREIL DEWOITINE. ⌀ *Barbot, un des « as » français du vol à voile, a réussi, en avril 1923, à Toulouse, sur un appareil Dewoitine pourvu d'un moteur auxiliaire de 7 chevaux, un vol horizontal à la vitesse de 95 kilomètres à l'heure. Depuis, sur un appareil analogue, il a traversé la Manche. montrant la valeur de son avion.* (Cl. Rol.)

qu'elle ne comporte ni l'établissement ni l'entretien de voies coûteuses. Or, elle est actuellement le mode de transport le plus cher ! Pourquoi ?

Cela tient d'abord au mauvais rendement des propulseurs employés. Il faut au moins 50 chevaux pour propulser et soutenir un avion à une place, c'est-à-dire pour faire voler un *homme seul*. 50 chevaux représentent bien plus que l'énergie musculaire de 500 hommes : il y en a donc 499 qui sont gaspillés, car, si notre homme était organisé en oiseau, sa seule musculature lui permettrait de voler. Il y a donc à travailler de ce côté.

En outre : la *forme* des ailes doit être modifiée; l'oiseau en modifie à chaque instant l'étendue, l'inclinaison et la courbure : nous sommes loin de cette perfection.

Or, les études d'avion sans moteur fourniront des documents précieux en ce qui concerne la forme des ailes. Alors, quand on aura de petits « planeurs » à formes rationnelles, on pourra leur adjoindre des moteurs de faible puissance : 10 chevaux, par exemple. Ce sera, en outre, un moyen de rendre l'aviation accessible à tous, à l'aide de cette « avionnette » qui équivaudra à une motocyclette aérienne, tandis que, actuellement, pour faire de l'aviation privée, il faut être millionnaire.

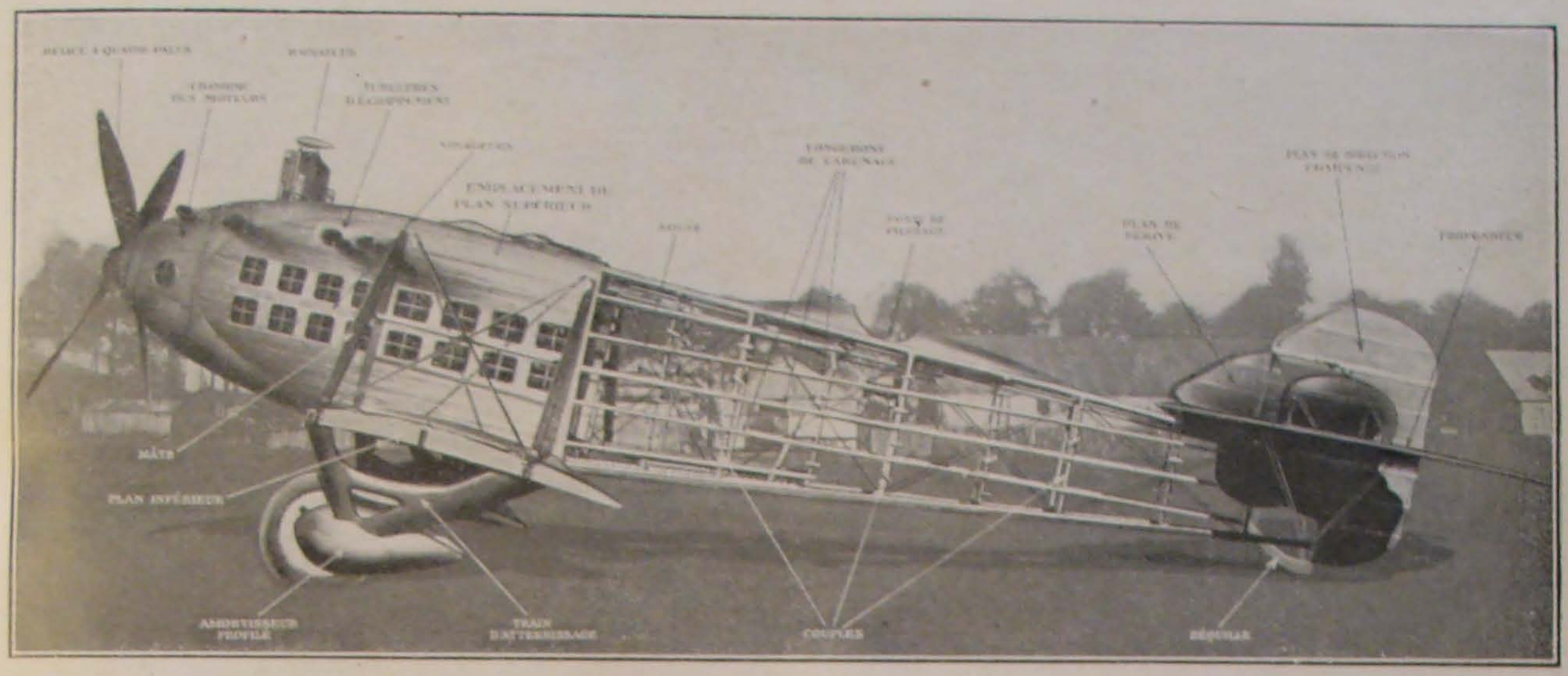
Cet avion à faible puissance réalisera la possibilité du vol à voile dès que l'atmosphère le permettra ; et, dès que les circonstances s'y prêteront, le moteur, vite mis en marche, placera l'aviateur dans un avion à propulsion mécanique, facile à conduire, à diriger, à loger, et d'un prix modique. C'est peut-être là la source des progrès à venir dans l'aviation de demain.

UN DES PLUS PUISSANTS APPAREILS SONORES DU MONDE. ⌀ *Il facilite l'atterrissage des avions par temps de brume.* (« Je sais tout », *du 15 mars 1922.*)

L'AVENIR DE L'AÉRONAUTIQUE.

⌀ ⌀ Et maintenant envisageons un peu l'avenir de la navigation aérienne.

Les ballons *dirigeables* seront surtout destinés aux opérations de la guerre maritime : ils peuvent rendre, comme éclaireurs des escadres, des services incomparables, et la traversée de l'Atlan-



COUPE DU « LÉVIATHAN » DE BRÉGUET. *On voit dans tous ses détails la structure de ces nouveaux géants de l'air, entièrement bâtis en métal. Le nombre des moteurs est de quatre, représentant une puissance de 900 à 1 000 chevaux.*

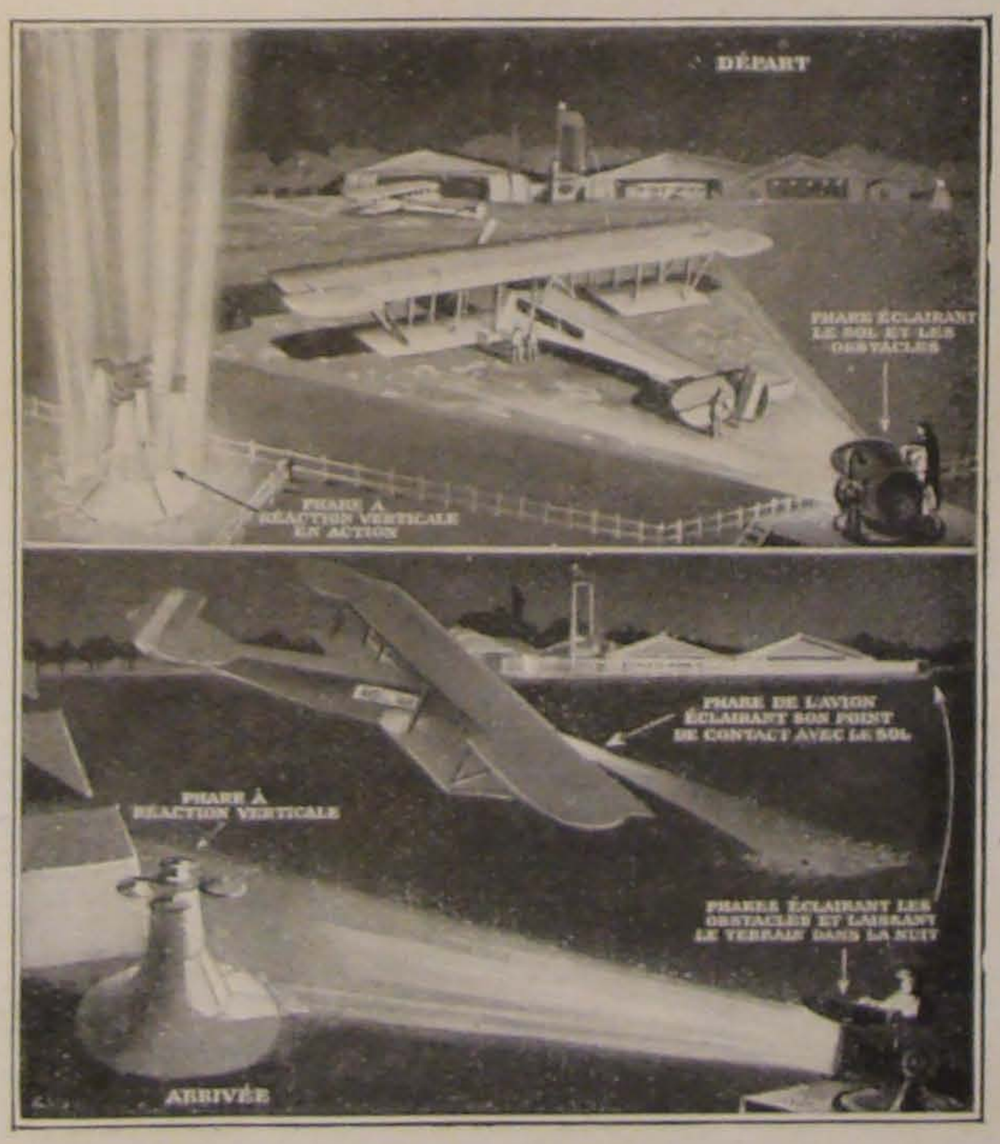
tique par le dirigeable anglais *R-34*, qui a réussi ce voyage en quatre jours, en est une preuve. Mais c'est aussi la preuve de l'infériorité du dirigeable par rapport à l'avion, au point de vue de la vitesse : celui-ci restera le roi de l'espace et le maître des distances. A la vitesse de 250 kilomètres à l'heure, on pourra aller de Brest à New York en dix-huit heures, et même moins si l'on a le « vent arrière ». On pourra partir de Paris le matin, être à Marseille pour déjeuner, en repartir à trois heures de l'après-midi et être de retour dans la capitale pour dîner.

Évidemment, les marchandises lourdes n'emprunteront pas la voie aérienne ; le charbon et les bois ne seront pas transportés par avions. Mais les objets précieux sont des marchandises tout indiquées pour les aéroplanes de commerce, et la poste y trouvera le véhicule idéal des correspondances ; cela est déjà réalisé.

Au point de vue scientifique, l'aviation, par les merveilleuses photographies qu'elle permet de prendre du terrain « vu de haut », est l'instrument par excellence de la cartographie de l'avenir. On a calculé qu'il faudrait plus de 1 200 ans pour faire une carte du centre de l'Afrique avec les méthodes de la carte de l'État-Major : avec des photographies aériennes prises par des escadrilles convenablement distribuées, *douze mois* suffiraient à cette besogne. C'est également par ce moyen seulement qu'on pourra connaître la géographie des terres polaires arctiques et antarctiques.

Et, pour finir par une réflexion consolante et philosophique, remarquons que l'extension de la navigation aérienne équivaudra, indirectement, à une prolongation de la vie humaine. En effet, pour aller de Brest à New York, on met aujourd'hui cinq à six jours par le paquebot ; avec l'avion, on mettra à peine une journée. Voilà donc quatre jours qui, sans cela, seraient perdus seraient du « déchet », et que l'on pourra utiliser pour ses affaires, ses travaux ou ses plaisirs.

L'aviation, par les bienfaits qu'elle nous donnera dans la paix, apportera donc la contre-partie heureuse des malheurs qu'elle aura causés dans la guerre.



LE DÉPART ET L'ATTERRISSAGE NOCTURNE D'UN AVION
Photo montrant les dispositifs de signaux lumineux.

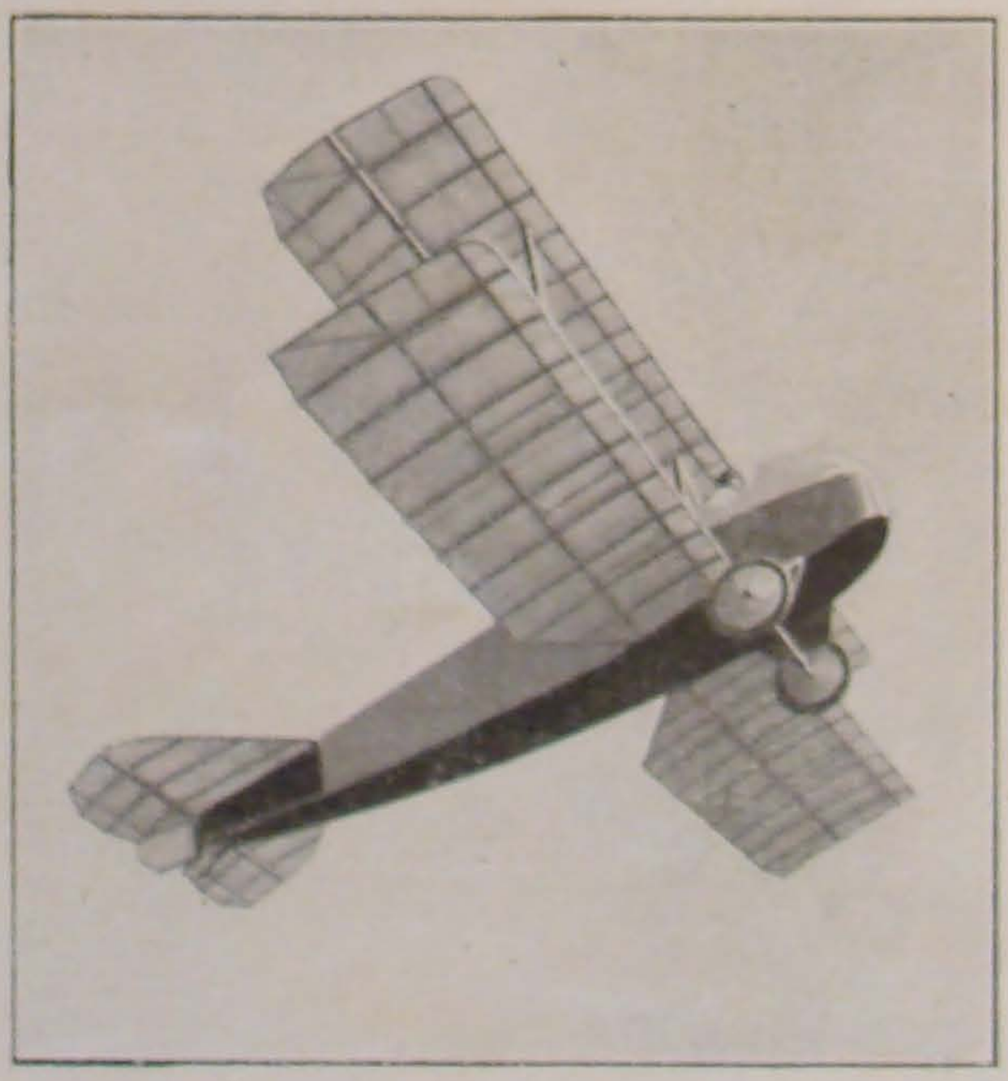
PHOTOGRAPHIE DU PORT DE BREST PRISE EN AVION. *Ce cliché montre, beaucoup mieux que de longues phrases, tout le parti que l'on peut tirer de la photographie à vol d'avion pour la topographie et la réfection du cadastre. Elle permet de faire en quelques heures un travail qui, exécuté par les géomètres, exigerait plusieurs années.*

Ainsi par des progrès successifs, l'homme est arrivé à réaliser la conquête définitive de l'atmosphère, de cet élément gazeux qui lui semblait à jamais interdit, et, enfin par un dernier effort de son génie, il s'est élevé dans l'atmosphère sur un appareil *plus lourd que l'air !*

Et ce succès augmente encore ses ambitions ; déjà il rêve de dépasser la limite de cette atmosphère qui lui paraît maintenant une prison, alors qu'elle incarnait naguère la liberté pour lui. Il rêve d'en franchir les couches de s'élancer dans l'espace à la conquête d'autres mondes, d'aller poser le pied sur les « terres du ciel » !

Ces ambitions seront-elles réalisées ? rêves, disent les uns : espoirs, disent les autres. Quand on voit les progrès foudroyants accomplis par la science au cours du dernier siècle, toutes les espérances sont permises.... Ce sera la merveille de demain.

A. BERGET.



DOUCHY SUR UNE AVIETTE POTEZ. *Photographie prise de terre ; l'appareil est en plein vol.* (Cl. Rol.)

BIBLIOGRAPHIE

LECORNU, *La Navigation Aérienne* (in-4, Mony, Paris).

— *Les Cerfs-volants* (in-8, Viabert et Mony, Paris).

BANET-RIVET, *L'Aéronautique* (in-8, Henri May, Paris).

BERGET, *La Route de l'air* (in-4, Hachette, Paris).

LARROUY, *Le Ballon et l'Avion* (in-16, Colin, Paris).

RENARD (Colonel), *L'Aéronautique* (in-16, Flammarion, Paris).

— *Le Vol mécanique* (in-16, Flammarion, Paris).

ESPITALLIER (Colonel), *La Technique du ballon* (in-16, Douin, Paris).

LEFRANC, *Les Avions* (in-16, Hachette Paris).

PETIT, *Les Moteurs* (in-16, Hachette, Paris).

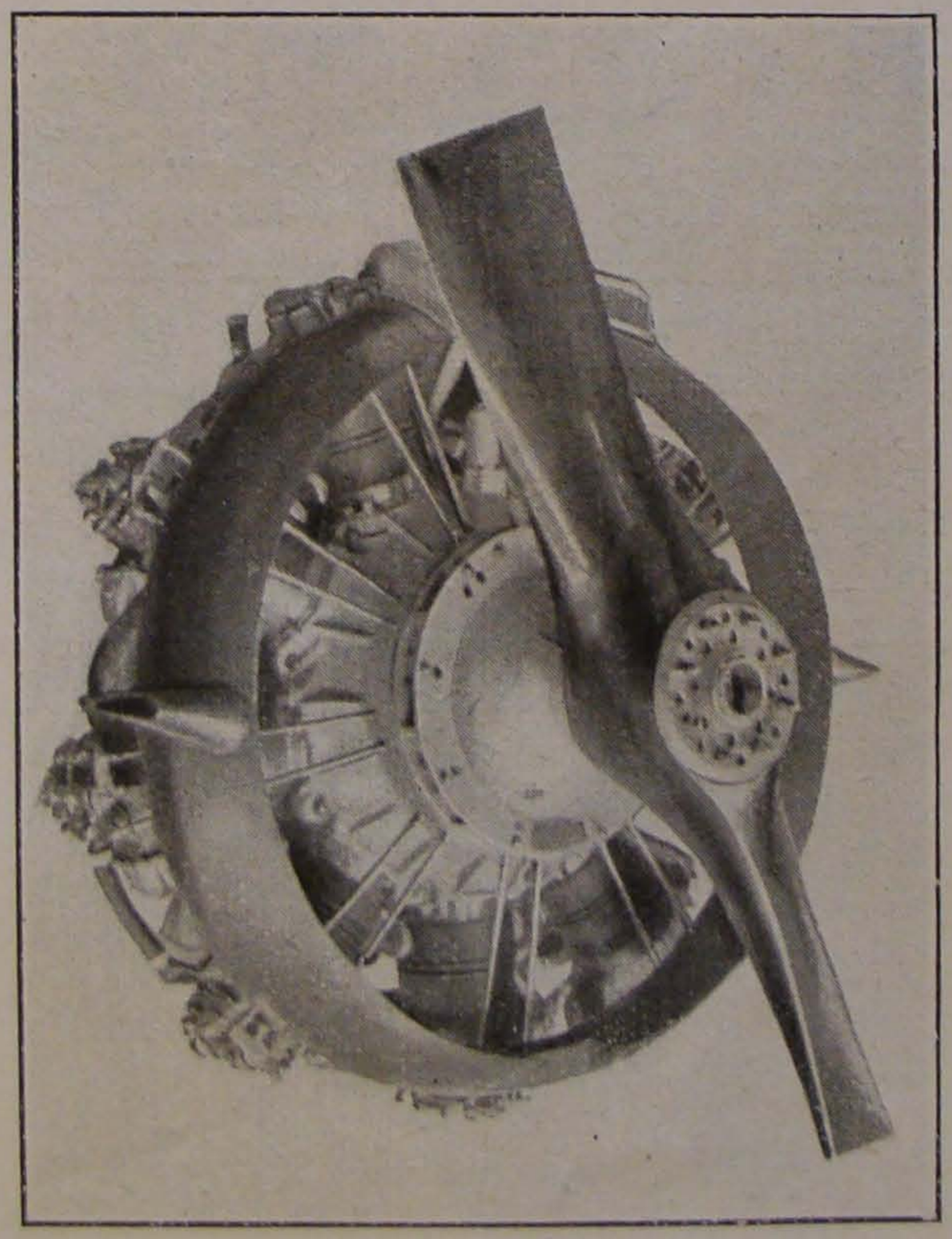
PÉRIODIQUES.

L'AÉROPHILE, Paris (mensuel).

LA CONQUÊTE DE L'AIR, Bruxelles (mensuel).

LA TECIINIQUE AÉRONAUTIQUE, Paris (mensuel).

LES AILES, Paris (hebdomadaire).



MOTEUR SALMON EN ÉTOILE FIXE. ⌀ *Refroidissement par eau.*

TABLE DES MATIÈRES

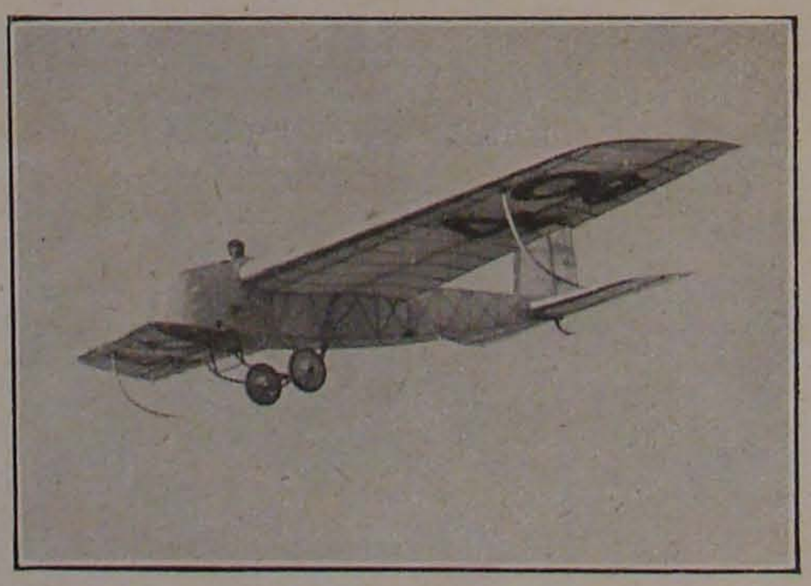
CHAPITRE I
HISTORIQUE DES BALLONS..... 5

CHAPITRE II
LES BALLONS SPHÉRIQUES
Les ballons libres. — L'enveloppe. — Le gaz hydrogène. — La force ascensionnelle. — La manche d'appendice et la soupape. — Bande de déchirure. — Le filet de suspension. — La nacelle. — Le lest. — Les ancres et le guide-rope. — Le gonflement. — La conduite d'une ascension. — Le baromètre. — L'atterrissage. — Les ballons captifs..... 11

CHAPITRE III
LES BALLONS DIRIGEABLES
Les conditions de dirigeabilité. — La résistance de l'air. — L'avantage des gros cubes. — Le rayon d'action. — Les conditions d'équilibre. La stabilité. — Le ballonnet à air. — Les gouvernails de profondeur. — Stabilité de route. — Le « déversement ». — La dirigeabilité et le vent. — Les grands dirigeables..... 18

CHAPITRE IV
L'AVIATION ET SON PROBLÈME
L'aviation. — L'ancêtre : le cerf-volant. — Qu'est-ce qu'un avion? Quelles sont ses parties essentielles? — Le sustentateur. — Les organes de direction. — Le moteur et l'hélice. — Le levier et sa manœuvre. — L'envol de l'avion. — Le plafond. — L'angle d'attaque. — Les virages. — La descente. Le vol plané. — L'atterrissage. — La hauteur du vol. — Le passé de l'aviation. — Le présent de l'aviation. — Comment l'avion navigue-t-il? — L'aviette. — La construction des avions..... 30

CHAPITRE V
L'AVIATION DE L'AVENIR
Le problème de l'hélicoptère. — L'avion de demain. — La puissance des moteurs. — Le rayon d'action. — Les transports commerciaux par avions. — Où en est l'aviation ? — Le vol sans moteur. — Les expériences de la Rhœn, de Combegrasse, d'Ilford-Hill. Le record de l'aviateur Maneyrol. — L'avion à faible puissance. — L'avenir de l'aéronautique..... 45



UN VOL DE PITEAU SUR APPAREIL LEVASSEUR.
(Cl. Rol.)

IMPRIMERIE CRÉTÉ
CORBEIL (S.-et-O.)

ENCYCLOPÉDIE PAR L'IMAGE

PREMIERS VOLUMES A PARAITRE :

ARTS

Paris.
Histoire de l'Art.
Histoire du Costume.
Rembrandt.
Les Cathédrales.
Les Styles.
Les Châteaux de France.
Rubens.
Michel-Ange.
Égypte.
Watteau.
L'Imprimerie.
Versailles.
L'Architecture.
Etc., etc.

GÉOGRAPHIE

Les Races Humaines.
Les Colonies françaises.
L'Italie.
La Côte d'Azur.
La Bretagne.
Géographie de la France.
La Terre.
Les Montagnes.
Etc., etc.

HISTOIRE

Napoléon.
La Révolution française.
La Mythologie.
Jeanne d'Arc.
Les Grands Hommes.
Histoire de France.
Grèce.
Rome.
Etc., etc.

LITTÉRATURE

Molière.
Corneille.
Racine.
Voltaire.
Victor Hugo.
Etc., etc.

SCIENCES

L'Aviation.
Le Ciel.
La T. S. F.
L'Électricité.
Les Animaux.
Le Cinéma.
Les Insectes
Les Plantes.
Les Chemins de fer.
Les Mines.
Les Microbes.
Les Abeilles
Les Navires.
Les Couleurs.
Les Moteurs.
L'Automobile.
Le Corps humain.
Les Poissons.
Le Feu.
L'Eau.
La Mécanique.
La Lumière.
Le Magnétisme.
Etc., etc.

SPORTS

Sports Athlétiques.
La Chasse.
La Pêche.
L'Automobilisme.
La Boxe.
Etc., etc.

Chaque volume **2 fr. 50**

Il paraît un volume par mois.

Chaque volume **2 fr. 50**

L'abonnement aux 10 premiers volumes moyennant 22 fr. 50 (au lieu de 25 francs) garantit contre toute augmentation de prix sur les 10 premiers titres.

ENCYCLOPÉDIE
PAR L'IMAGE

SCIENCES

A

L'AVIATION